



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ARTES
Mestrado em Multimeios**

**DA FOTOGRAFIA ANALÓGICA À IMAGEM
DIGITALIZADA**

**Uma contribuição da computação gráfica para o
estudo do padrão de coloração animal como estratégia
de defesa contra predadores**

GISELE SILVEIRA VALIM BERTINATO

Campinas - 1997

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ARTES
Mestrado em Multimeios

DA FOTOGRAFIA ANALÓGICA À IMAGEM DIGITALIZADA.

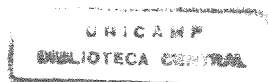
**UMA CONTRIBUIÇÃO DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA PARA O ESTUDO DO PADRÃO
DE COLORAÇÃO ANIMAL COMO ESTRATÉGIA DE DEFESA CONTRA PREDADORES.**

GISELE SILVEIRA VALIM BERTINATO

Este exemplar é a redação final da tese
defendida pela Sra. **Gisele Silveira Salim
Bertinato** e aprovada pela Comissão
Julgadora em 24/09/1997

Prof. Dr. MÁRCIUS CESAR SOARES FREIRE
-orientador-

Campinas - 1997



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ARTES
Mestrado em Multimeios

DA FOTOGRAFIA ANALÓGICA À IMAGEM DIGITALIZADA.

**UMA CONTRIBUIÇÃO DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA PARA O ESTUDO DO PADRÃO
DE COLORAÇÃO ANIMAL COMO ESTRATÉGIA DE DEFESA CONTRA PREDADORES.**

GISELE SILVEIRA VALIM BERTINATO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Multimeios do Instituto de Artes da UNICAMP como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em multimeios sob a orientação do Prof. Dr. Marcius Soares Freire e co-orientação do Prof. Dr. João Vasconcellos Neto.

de 0002015

Campinas - 1997

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	UNICAMP
	B462d
V.	Ex.
TOMBO BC/	40264
PROD.	278/00
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	01/02/00
N.º CPD	

CM-00134457-7

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNICAMP

B462d

Bertinato, Gisele Silveira Valim

Da fotografia analógica à imagem digitalizada : uma contribuição da computação gráfica para o estudo do padrão de coloração animal como estratégia de defesa contra predadores / Gisele Silveira Valim Bertinato. -- Campinas, SP : [s.n.], 1999.

Orientadores : Marcius Soares Freire e João Vasconcellos Neto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Artes.

1. Processamento de imagens - Técnicas digitais.
2. Fotografia analógica. 3. Fotografia digitalizada.
4. Animais - Defesas. 5. Predação (Biologia). 6. Cor dos animais. 7. Camuflagem (Biologia). 8. Mimetismo (Biologia)
- I. Freire, Marcius Soares. II. Vasconcellos Neto, João.
- III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes.
- IV. Título.

Aos meus pais Oswaldo e Lucy, por terem, cada um a seu modo, me transmitido as noções de uma consciência ecológica.

Imagens passam a todo momento
Como a vida a cada dia
Perceber a beleza nas coisas simples
É ver além do pano de fundo
É perceber, sentir e amar o mundo

João Vasconcellos Neto

Agradecimentos

Aos meus orientadores Dr. Marcius César Soares Freire e Dr. João Vasconcellos Neto pela dedicação e cumplicidade.

Ao Prof. Marcelo Souza, cujas discussões levaram a escolha da tecnologia digital como ferramenta mais adequada para o estudo de padrão de coloração bem como pelo incentivo ao ingresso no mestrado. Sua atenção foi de fundamental importância nos momentos decisivos deste trabalho.

À equipe do NMA-Embrapa pelo apoio logístico e amizade. Em especial ao Dr. Evaristo Eduardo de Miranda, pelo muito que ensinou. Carlos Fernando Assis Paniago cujas informações sobre tecnologia e imagem digital foram muito importantes.

Aos membros da banca de qualificação Prof. Dr. João Semir pelo carinho e seriedade com que abordou seus comentários científicos e Prof. Dr. Jaques Veillard pelas observações técnicas proferidas.

Aos amigos: Wilson Kawai pela iniciação à informática, Renato Hermes Hildebrand pela iniciação aos softwares de manipulação, Maria de Fátima Souza pela cumplicidade pessoal e profissional, Dr. Eduardo Tavares Paes, pela leitura crítica.

Aos funcionários do Instituto de Artes, dpto. de Multimeios, do Instituto de Biologia, dpto. de Zoologia e do Centro de Comunicações.

Marcelo Gonzaga de Oliveira, pelo auxílio na análise estatística e Asmara Giorgetti dos Santos pela correção das referências bibliográficas.

Ao meu companheiro Ricardo Unello Giometti pela paciência e cumplicidade com que acompanhou as diferentes fases desta etapa e ainda, por ter aprendido a gostar dos gafanhotos.

À Lucy Silveira Valim Bertinato, minha mãe, pelas correções do texto, traduções do francês e apoio financeiro na etapa final.

Aos entrevistados, que gentilmente cederam um pouco do seu tempo para que este trabalho se concretizasse.

À Capes por ter oferecido um suporte financeiro para o desenvolvimento deste.

Aos amigos que acompanharam essa maratona.

Resumo

Desde sua invenção a fotografia caminha de mãos dadas com a ciência. Podemos mesmo dizer que a primeira foi gerada no ventre da segunda e que, desde então, a evolução de uma implica, quase que necessariamente no aprimoramento da outra. Muitas das inovações tecnológicas por que passou o aparato fotográfico são oriundas de demandas de campos científicos que vão da biologia à física, da medicina à astronomia. No entanto, a imensa maioria dessas inovações dizia mais a respeito a periféricos e acessórios que refinavam, dirigiam e/ou corrigiam o olhar da câmera para objetos específicos do que propriamente aos mecanismos internos desse olhar. Em outras palavras, acoplando a microscópios ou telescópios, recebendo luz natural ou infravermelha, dotado de lentes grande angulares ou tele-objetivas, o órgão sobre o qual a imagem era fixada continuava sendo a velha *câmara obscura* guarnecida da não tão velha, mas já idosa, película fotosensível. Apenas nos últimos dez anos começamos a ver nascer um novo procedimento que vem modificar radicalmente esse sistema: a tecnologia digital.

Gerada dentro de computadores a partir de cálculos matemáticos, captada através de câmeras que já não utilizam películas mas recursos eletrônicos, ou originada pelos aparelhos tradicionais mas introduzida no computador eletronicamente e, conseqüentemente, transformada em estrutura numérica, estamos na presença de uma imagem a que chamamos de **imagem digital**. Por não estarem mais aprisionadas em grãos de prata estáticos mas conformadas por números intercambiáveis, essas imagens se prestam às manipulações mais inimagináveis. E por se prestarem tão facilmente à modificações é que elas foram escolhidas para dar suporte à experiência abordada neste trabalho.

Trata-se pois, aqui, de um estudo em biologia comportamental denominado “O padrão de coloração animal como estratégia de defesa contra predadores”. Para isso utilizamos parte do potencial das imagens digitalizadas para criar uma situação em que diferentes aspectos da teoria de predação fossem testados. Para tanto, simulamos uma relação “presa x predador” na qual a primeira era representada por imagens digitalizadas e alteradas graficamente, e o segundo representado por seres humanos.

Elaborou-se um método que consistiu na transformação de diapositivos em imagens digitalizadas. Estas imagens, compostas de presas -no caso acridídeos- em seus respectivos substratos, foram manipuladas no computador de forma a simular diferentes condições de pouso ou variar o padrão de cores dos indivíduos. Posteriormente estas imagens foram submetidas à vários grupos de pessoas, que observaram individualmente uma ou uma série de imagens, e tentaram identificar a existencia de algum animal

camuflado ou não. Estes observadores foram então considerados predadores.

Esse método permitiu investigar alguns aspectos da teoria da predação e, conseqüentemente, confirmar a contribuição que a tecnologia das imagens digitalizadas pode trazer para o estudo do comportamento animal.

Abstract

Photography is progressing alongside science since its invention. It can be said that the former has been conceived in the womb of the latter and since then one improves the other as both pursue development. The technological innovations of photography devices have been demanded by the sciences, from Biology to Physics, from Medicine to Astronomy. However most of these innovations addresses the peripherals of the process, which have the function of refining, viewing or correcting the look into the subject matter. In other words, despite whatever accessories like microscope, or telescopes or whichever wavelength of light, it all delivered the image to the dark chamber where an old fashioned photo sensitive film stood. Only recently along the last ten years has there been a new development which brings a radical new system: that of digital technology.

We now are looking at a situation in which the image is generated through electronic light sensitive devices, or inside a computer or again through conventional methods but later transformed in to a electronic signal ordered in numerical structures. Thus, **digital imaging** is a reality that allows an immense new freedom to work with, as opposed to the old silver grains glued to a surface. This technology has been the elected one to support the experiments in this work.

"The pattern of colour in animals as a strategy for defense against predators" is a study in Behavioural Biology. By deploying the various resources allowed by digital imaging, it has been possible to test an array of different aspects to the predator theory. In order to do that, it has been created a simulation of the "prey X predator" scenario where the prey has been represented by digital images and thus altered at will; the predator has been represented by human species.

A work method has been developed in which the working devices were transformed in digital images.

These images, representing the preys (grasshopper) in their environment, have been modified through the computer in such a way as to simulate different landing conditions or to simulate different colour patterns. These simulations later have been shown to the "predators" (human), organized in various different groups. These predators observed sole images or images disposed in groups. These observations allowed several aspects of the predator theory to be evaluated.

It also brought forth the valuable contribution that digital images can bring to the study of animal behavior.

Índice

INTRODUÇÃO.....	1
I A FOTOGRAFIA E A CIÊNCIA.....	7
Os primórdios do suporte fotosensível.....	7
A fotografia científica.....	11
Figura 1: Calótipo fotomicrográfico.....	15
Figura 2: Fotomicrografia de um vírus.....	15
Figura 3: Placa úmida de colódio de E. Muybridge.....	19
Figura 4: Cronofotograia de E. J. Marey.....	19
Uma nova transformação: a imagem digital.....	21
II PADRÃO DE COLORAÇÃO EM ANIMAIS.....	23
Polimorfismo genético.....	25
Seleção apostática.....	26
Polimorfismo para camuflagem.....	27
Mimetismo.....	27
Polimorfismo mimético.....	28

PREDADORES E PRESAS.....	29
Intensidade de predação.....	32
MÉTODOS HABITUALMENTE EMPREGADOS.....	32
VISÃO VERSUS IMAGEM DE PROCURA	34
ASPECTOS EXPERIMENTAIS.....	41
Parâmetros para o teste de percepção e acuidade.....	42
 III PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	 44
AMBIENTE DE LOCALIZAÇÃO.....	44
Figura 5: Vista panorâmica do alto da Serra do Cipó.....	46
Figura 6: Vista parcial da Serra do Cipó.....	46
Figura 7: Detalhe da região de coleta - afloramento arenítico.....	47
Figura 8: Detalhe da região de coleta - lago temporário.....	47
Figura 9: Diferentes espécies de acridídios.....	48
MATERIAL E MÉTODOS.....	49
Obtenção da imagem fotográfica (analógica).....	50
Obtenção da imagem digitalizada.....	51
Manipulação da imagem.....	54
Figura 10: Algumas possibilidades de manipulação.....	55
MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS.....	57
Experimento I - “Formação de Imagem de Procura”.....	58
Figura 11: Diagrama das seqüências experimentais I A e I B.....	59
Experimento II: “Efeito de Densidade”.....	60
Figura 12: Diagrama das seqüências experimentais II A e II B	61
Experimento III: “Efeito da Distância”.....	62
Figura 13: Diagrama das imagens experimentais III A e III	62
Experimento IV: “Diversidade de Aparências”	64
Figura 14: Diagrama da seqüência do experimento IV.....	64
Experimento V: “Animais Vistosos”	65
Figura 15: Diagrama da seqüência do experimento V	65

TESTE DE INVESTIGAÇÃO VISUAL.....	66
MÉTODOS ESTATÍSTICOS	68
 IV RESULTADOS.....	 70
APRESENTAÇÃO IMAGÉTICA.....	70
Experimento I A: “Formação de Imagem de Procura”....	71
Inserção superior 71 A1 - A8	
Experimento I B: “Formação de Imagem de Procura.....	71
Inserção inferior 71 B1 - B8	
Experimento II A: “Efeito de Densidade”.....	72
Inserção superior 72 A1 - A7	
Experimento II B: “Efeito de Densidade”.....	72
Inserção inferior 72 B1 - B7	
Experimento III A: “Efeito da Distância”.....	73
Inserção superior 73 A1 - A6	
Experimento III B: “Efeito da Distância”.....	73
Inserção inferior 73 B1 - B6	
Experimento IV: “Diversidade de Aparência”.....	74
Inserção superior 74 A1 - A10	
Experimento V: “Animais Vistosos”.....	74
Inserção inferior 74 B1 - B10	
ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO ESTATÍSTICA.....	75
Experimento I - “Formação de Imagem de Procura”.....	75
Experimento I A	75
Tabela 1: Tempo de localização.....	76
Tabela 2: Análise de variância.....	76
Tabela 3: Teste de LSD	76
Figura 16: Gráfico.....	77
Experimento I B	78
Tabela 4: Tempo de localização.....	78
Tabela 5: Teste (Kruskal Wallis).....	79
Figura 17: Gráfico.....	79
Identificação comparativa dos experimentos I A e I B....	80
Tabela 6: Teste “Mann Whitney U Test ”	80
Figura 18: Gráfico.....	80

Experimento II: “Efeito de Densidade”	82
Experimento II A	82
Tabela 7: Tempo de localização.....	83
Tabela 8: Análise de variância.....	83
Tabela 9: Teste de LSD.....	83
Figura 19: Gráfico.....	84
Experimento II B	85
Tabela 10: Tempo de localização.....	85
Tabela 11: Análise de variância.....	86
Tabela 12: Teste de LSD.....	86
Figura 20: Gráfico.....	86
Identificação comparativa dos experimentos II A e II B.....	87
Tabela 13: Teste “t”.....	87
Figura 21: Gráfico.....	87
Experimento III - “Efeito da Distância”	89
Experimento III A	89
Tabela 14: Tempo de localização.....	89
Tabela 15: Análise de variância.....	90
Tabela 16: Teste de LSD	90
Figura 22: Gráfico.....	90
Experimento III B	91
Tabela 17: Tempo de localização.....	91
Tabela 18: Análise de variância.....	91
Tabela 19: Teste de LSD.....	91
Figura 23: Gráfico.....	92
Identificação comparativa dos experimentos III A e B....	93
Tabela 20: Teste “t”	93
Figura 24: Gráfico.....	93
Experimento IV - “Diversidade de Aparência”	95
Tabela 21: Tempo de localização.....	96
Tabela 22: Análise de variância.....	96
Tabela 23: Teste de LSD.....	96
Figura 25: Gráfico.....	97

Experimento V - “Animais Vistosos”	98
Tabela 24: Tempo de localização.....	99
Tabela 25: Teste Kruskal Wallis.....	99
Figura 26: Gráfico.....	100
Identificação comparativa dos experimentos IV e V	101
Tabela 26: Teste “Mann Whitney U Test ”	101
Figura 27: Gráfico	101
RESULTADO DOS EXPERIMENTOS - O PONTO DE VISTA BIOLÓGICO	103
Discussão	103
Conclusão	107
 V DISCUSSÃO	109
RESULTADO DAS IMAGENS - O PONTO DE VISTA MULTIMÍDIA	109
O meio físico-químico	109
O meio digital	111
PERCEPÇÃO VISUAL	114
O SER HUMANO COMO PREDADOR POTENCIAL	116
 VI CONCLUSÃO	117
 VII REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	120

INTRODUÇÃO

Os registros imagético nas suas mais variadas manifestações têm servido aos homens como extensão especializada de sua visão, de sua memória e de seu universo interior. Das artes às ciências, seu papel não deixou de ganhar importância, a tal ponto que hoje em dia vive-se submerso num mundo cada vez mais saturado de imagens. Na pesquisa científica - campo de interesse deste trabalho - estes registros vêm se adequando aos processos de investigação em todas as áreas do conhecimento.

Nos domínios das ciências da natureza, tudo começou com a técnica de ilustrações. Antigos naturalistas, utilizavam-se da pintura em aquarela, seguida de descrições escritas para, por exemplo, auxiliar a identificação de espécies, bem como sua classificação. Os livros apresentavam então, pranchas com gravuras pacientemente pintadas à mão, e dessa forma, a realidade era transmitida unicamente pela tradição escrita, verbal ou pictórica.

O advento da fotografia e, em seguida, a invenção do cinema, trouxeram uma nova forma de decalcar o mundo concreto, do infinitamente pequeno ao infinitamente distante, dos fenômenos excessivamente rápidos, aos demasiadamente lentos. A fotografia teve “papel fundamental enquanto possibilidade inovadora de informação e conhecimento, instrumento de apoio à pesquisa nos diferentes campos das ciências” (Kossoy, 1989).

A fotografia, um dos meios visuais aplicados em procedimentos de pesquisa relacionados à cor e textura, com potencial de uso em pesquisa sobre predação, é a base deste trabalho. Nele será ressaltado um aspecto específico da área de comportamento animal na relação presa-predador: o padrão de coloração animal e a sua relação com o ambiente, enfocando a diversidade de aspectos, ou seja, polimorfismo dentro e entre espécies.

Em enquete bibliográfica, pode-se observar que a literatura especializada na área de comportamento animal tem feito referência ao emprego de equipamentos foto ou videográficos nos procedimentos de pesquisa. Em revisão mais atualizada sobre polimorfismo de padrões de cores, um aspecto da biologia comportamental, estas citações referem-se, em sua maioria, às imagens com finalidade ilustrativa, didática ou na divulgação de resultados obtidos pelos meios tradicionais. Poucas publicações científicas (ver Endler, 1978) citam o uso de instrumentos imagéticos no processo mesmo da pesquisa. Ou seja, é muito difícil encontrar casos em que estes instrumentos estejam inseridos no instrumental metodológico empregado. Isto não acontece em grande parte dos segmentos biomédicos ou mesmo alguns biológicos (ciências da natureza), onde normalmente os resultados dependem

exclusivamente da avaliação e interpretação destas imagens. Nestas áreas encontram-se um vasto número de publicações com aplicações diversas do uso da imagem.

O método aqui proposto pode ser aplicado em diferentes áreas da biologia. No entanto, a necessidade de testá-lo em uma dada espécie para verificar seus alcances e limites, levou à escolha dos ortópteros (acridídeos), pois estes apresentam uma diversidade morfológica, bem como uma disposição em diferentes substratos bastante apropriadas para o estudo de camuflagem, mimetismo e aposematismo. Esta adequação se deve aos diferentes padrões de textura e coloração, tanto de indivíduos (diversidade de aspecto) quanto dos substratos (complexos estruturais).

Apesar da ocorrência destas espécies nos mais diversos ambientes, foi na Serra do Cipó, na Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais onde se encontrou uma quantidade ideal destes indivíduos bem como uma diversidade apropriada de substratos. A região apresenta “topografia acidentada e vegetação heterogênea, com características de um mosaico com fisionomias diferentes” (Semir, 1991), o que leva a supor que a grande variedade de padrões morfológicos possa estar relacionado às características do ambiente (ver Eterovick, 1997).

Segundo Del Claro e Vasconcellos Neto (1992), “a coloração animal, sua função e os mecanismos que a mantém na natureza, têm sido assunto de interesse para o homem, desde os primeiros naturalistas. No século XIX, com a publicação dos trabalhos de Darwin, Wallace, Bates e outros, o estudo da coloração animal ganhou um grande impulso. A literatura relacionada com o assunto é hoje muito

extensa, abrangendo aspectos de camuflagem, mimetismo, aposematismo (coloração de advertência), termorregulação, seleção sexual, dentre outros (Cott, 1940; Wickler, 1968; Edmunds, 1974)". A análise interdisciplinar, agrupando taxonomia, zoologia, genética e ecologia, vem sendo cada vez mais aplicada, possibilitando um conhecimento mais amplo da coloração animal, suas formas de seleção e suas bases genéticas.

Muitas pesquisas nessa área têm sido desenvolvidas e, na grande maioria dos casos, o método proposto no trabalho de campo é o da observação direta. As avaliações de padrão de coloração, realizadas em campo, são tratadas pelo aspecto visual imediato, seguido de coleta e análise em laboratório. Quando se fala em análise visual imediata quer dizer que, habitualmente, os indivíduos são descritos por comparação às tendências de cores do substrato ou equiparação às plantas e outros animais. Esta técnica mostra a dificuldade em se criar mecanismos de análise do padrão de cor e textura que favoreçam resultados mais precisos, visto que, dados obtidos por análise visual e comparados por semelhança, não correspondem com exatidão aos objetos descritos e tampouco apresentam quantificação de dados. Esse método, amplamente difundido, tem gerado resultados satisfatórios para uma visão global do assunto a ser estudado. No entanto, quando se fala em comparação de tons e textura entre indivíduos da mesma espécie ou indivíduos em relação ao seu substrato, este método parece não ser mais suficiente.

Por outro lado, quando se trata de trabalho desenvolvido em laboratório para identificação de textura, habitualmente ele é realizado por simulação de substratos e posteriormente apresentado aos predadores. Neste caso a área de pesquisa passa a ser identificada como

psicofísica da visão ou psicologia da percepção. Estes pesquisadores (ver Kiltie, 1992; Jules, 1975; Endler, 1978), produzem diferentes sistemas que imitam os padrões da realidade, normalmente impressos em papel, e apresentam para análise aos seus objetos de pesquisa, que podem ser animais ou humanos. Desta forma tentam avaliar a performance da discriminação de textura, podendo comparar o nível de camuflagem ou conspicuidade.

Hoje, o desenvolvimento tecnológico, passou a oferecer uma gama bastante variada de instrumentais relacionados à tecnologia computacional. Uma dessas, a imagem virtual, passa a fazer parte do cotidiano, podendo ser aplicada aos mais diversos campos de experimentação. Diante disso, esse trabalho propõe lançar mão de um instrumento de registro visual já considerado tradicional, a fotografia, associado a este outro, cujas potencialidades não foram praticamente exploradas nas ciências do comportamento: a imagem digitalizada. A aplicação de tais métodos, dá margem a que se testem novas formas de investigação, utilizando novos recursos imagéticos à disposição do pesquisador na produção e análise de registros científicos.

De maneira breve pode-se adiantar que a adequação desses recursos - fotografia e digitalização de imagem - à pesquisa de padrão de coloração servirá para simular um teste de percepção com diferentes “pseudo-predadores”, ora apresentando imagens com características originais, ora simulando diferentes condições de pouso, como por exemplo reposicionando indivíduos em diferentes locais de um mesmo substrato, mudando-os para diferentes substratos, variando a densidade ou ainda mudando o padrão de cores dos indivíduos.

Com estas imagens digitalizadas e devidamente manipuladas, será realizado um teste que se denominou “investigação visual” onde pessoas serão chamadas individualmente, colocadas à frente de um monitor e argüidas sobre a possibilidade de identificar os indivíduos presentes ou não em cada imagem.

A partir das aplicações desse instrumental no estudo de caso proposto, esse trabalho tem a intenção de formular alguns princípios e sugerir idéias que, acredita-se, sejam úteis para pesquisadores na difícil tarefa de identificar o grau de camuflagem de indivíduos em relação ao seu substrato.

Subjacente a esta experiência está o desejo de provocar uma reflexão mais aprofundada sobre o papel das novas tecnologias nos procedimentos de pesquisa em diferentes segmentos da Biologia.

A FOTOGRAFIA E A CIÊNCIA

Os primórdios do suporte fotosensível

A fotografia nasceu do desenvolvimento gradativo do conhecimento óptico e químico aplicados ao mesmo tempo por diferentes pessoas em diferentes lugares. Os princípios da *câmera obscura* datam de tempos remotos, com maior ênfase durante o renascimento, podendo citar cientistas como Leonardo da Vinci (1452-1519) que descreveu pela primeira vez seu princípio como uma luz que entra no orifício de uma parede de um quarto escuro e forma uma imagem invertida de qualquer coisa que esteja do outro lado, ou ainda, o napolitano Giovanni Baptista della Porta que em sua obra *Magia Naturalis* (1558), identificou a *câmera obscura* como acessório para desenhar esboços. No entanto a história propriamente dita da fotografia, tem início em 1727, com a experiência no campo da fotoquímica pelo professor Johann Heinrich Schulze, que tentava fabricar artificialmente pedras luminosas de fósforo (como as denominava). Em seus experimentos utilizava cal e nitrato de prata

dentro de uma garrafa, os quais, expostos à luz solar, adquiria uma tonalidade escura. Posteriormente, envolveu esta garrafa com uma matriz com figuras e números recortados. As letras adquiriram tons escuros em uma massa a base de greda e nitrato de prata, enquanto o restante permaneceu claro. Mais tarde, chegou à conclusão que o efeito de imagem se dava exclusivamente sob a ação dos raios solares, e não do calor. Quando divulgou sua tese, -“De como descobri o portador da escuridão ao tentar descobrir o portador da luz”- Shulze disse não ter certeza quanto a utilidade de sua invenção, mas sem dúvida isto poderia ainda revelar outras utilidades de aplicações aos naturalistas (Kossoy, 1981).

Dentre os pioneiros do processo de desenvolvimento fotográfico, o cientista francês Joseph Nicéphore Niépce (1765-1833) realizou experiências obtendo imagens negativas sobre papel sensibilizado com cloreto de prata, tentando fixá-las com ácido nítrico. Não conseguindo resultados satisfatórios com a inversão de luzes e sombras, passou a pesquisar alguma substância que fornecesse diretamente uma imagem positiva. Neste momento estava inventando a heliografia, processo pelo qual aplicava o Betume da Judéia (camada asfáltica que cobria uma placa metálica) para endurecer as partes atingidas pela luz durante a exposição da *câmera obscura*. Em seguida dissolvia o betume, removendo as partes fixadas por ele (sombra), mergulhando a placa numa mistura de óleos. Em 1826 conseguiu fixar a primeira imagem fotográfica da natureza (Kossoy, 1976; Darius, 1984).

Em 1829, Niépce se associa com o artista francês Louis Jacques Mandé Daguerre (1787-1851). Em 1831, Daguerre inicia suas pesquisas com iodeto de prata, como substância sensível à luz, sobre uma lâmina

de cobre. Em 1835, descobre que o vapor de mercúrio atuava como uma substância “reveladora”, fazendo aparecer a imagem invisível que havia registrado sobre a lâmina, que por sua vez abreviava o tempo de exposição. Ambos são considerados descobridores da fotossensibilidade de chapas prateadas iodadas, mas Daguerre, sozinho, descobriu a revelação destas chapas, quando submetidas à ação do vapor de mercúrio. Nestas condições, o tempo de exposição foi reduzido de 8 horas para 20, 30 minutos. Após várias tentativas de comercialização do “invento”, em 1839 a Academia de Ciências de Paris o compra por uma pensão anual por toda a vida, e doa ao mundo (Kossoy, 1976; 1981).

Na mesma época, o inglês William Henry Fox Talbot (1800-1877) procurou as experiências fotográficas, não tanto pela qualidade científica, mas pelo desejo de suplementar seu talento duvidoso como artista, pois pretendia fixar imagens das paisagens que o sensibilizavam. Por volta de 1834, realiza suas primeiras experiências com registro de imagem, fazendo cópias de contato sobre papel sensibilizado com nitrato e cloreto de prata, fixando-as de maneira imperfeita com sal de cozinha ou cloreto e iodeto de potássio. Após várias tentativas sem sucesso, Talbot pensou em levar a *câmera obscura* e projetar a imagem do objeto num papel translúcido colocado numa chapa de vidro, de forma a produzir uma imagem. Daí surgiu a idéia de fixar essas imagens num papel. As notícias da descoberta de Daguerre chegam a Londres e Talbot, em 1839, apressa-se em publicar um relatório à *Royal Society*, apresentando inclusive exemplares de seu trabalho, o livro *Photogenic Drawings*, no qual fotografava plantas e flores para botânicos. A tentativa de reivindicar seus direitos sobre os processos desenvolvidos parecem não ter tido reconhecimento por parte

da *Royal Society*, pois estes métodos tinham sido considerados já realizados por Niépce. No entanto, sua técnica estabeleceu o princípio da fotografia baseado no negativo-positivo. Este processo, patenteado em 1841 como *Calotype* surgiu quando Talbot reconheceu as propriedades aceleradoras do galo-nitrato de prata, passando a usá-la como revelador do papel negativo. Com este processo era possível obter fotografias no tamanho 20 x 16,5 cm em um a dois minutos e ainda fazer várias cópias através do contato com o papel preparado com cloreto de prata e sem revelação (Kossov, 1976; 1981; Darius, 1984).

Outras inovações técnicas vão revolucionar o mundo fotográfico aumentando seu campo de aplicações. Os domínios da fotografia abrangem diferentes horizontes em suas mais variadas formas de aplicações. As grandes expedições, por exemplo, levavam sempre em suas viagens um fotógrafo para registrar os resultados de suas explorações e descobertas. Estas viagens podiam consistir de pesquisas astronômicas ou estudos de problemas geológicos, arqueológicos e etnográficos. Em 1867, Alphonse Poitevin ganha um concurso da *Société Française de Photographie*¹ (SFP), destinado a recompensar o inventor do melhor procedimento de impressão fotomecânica. Seu método, a fotolitografia, repousava sobre a fotossensibilidade da gelatina bicromada. Ainda hoje nos é permitido apreciar em condições excelentes de impressão, assuntos diversos como paisagens realizadas pelo Conde d'Aguado, ou ainda, o mecanismo da fisionomia humana,

¹ Associação artística e científica, criada em 1854 em Paris. Este órgão reunia homens que trabalhavam e pesquisavam em todas as direções abrangendo o desenvolvimento da difusão dos clichês fotográficos.

resultante das experiências desenvolvidas pelo Dr. Duchenne de Boulogne em 1856, através da excitação elétrica dos músculos da face (Gautrand, 1987).

Nos domínios das imagens científicas, o naturalista Louis Rousseau, um dos fundadores da SFP, se propôs à editar, graças ao processo fotomecânico de Niépce, álbuns de fotografia zoológica ou representação de animais raros na Coleção do Museu de História Natural (Gautrand, 1987).

Outras áreas da ciência como a microscopia, a astronomia, a anatomia médica, farão então uso dos novos equipamentos e suas diferentes possibilidades.

A fotografia científica

A história da fotografia científica se caracteriza por um contínuo desenvolvimento técnico. As diversas aplicações científicas muitas vezes foram as geradoras deste desenvolvimento. Desde sua invenção, o daguerreótipo já tinha aplicação de cunho científico, em razão do pedido feito pelo diretor do Observatório de Paris, o astrônomo François Arago. Membro importante da Academia de Ciências de Paris, Arago fez conhecida a descoberta de Daguerre em 1839 por sua influência sócio-política, “impregnado por sua convicção liberal, de que é preciso encorajar tudo aquilo que pode concorrer para o progresso” (Freund, 1985) e imediatamente previu as aplicações científicas deste novo processo. Evocou o uso desta nova técnica para

obter um mapa aperfeiçoado da lua, a fim de compreender a fotometria absoluta e relativa dos corpos celestiais e também enumerar as primeiras linhas de absorção, visualmente observáveis pela primeira vez no espectro solar, pesquisadas por W. H. Wollaston em 1802 e por J. Fraunhofer em 1814. Arago foi o primeiro a reconhecer a extraordinária importância que a fotografia deveria assumir nas ciências, nas artes e ainda em outros domínios; sobretudo em consideração a sua utilidade científica, e no final do seu discurso à Academia de Ciências de Paris, declarou profeticamente: “De resto, quando os observadores aplicam um novo instrumento ao estudo da natureza, aquilo que eles disso esperam é sempre pouca coisa relativamente à sucessão de descobertas de que o instrumento se torna origem. Neste gênero, é com imprevisto que devemos contar particularmente” (Darius, 1984; Freund, 1985).

Segundo o discurso do químico francês J. L. Gay-Lussac em 1839, “...era certo que a invenção do *Monsieur* Daguerre tem hoje a posse de um reagente extraordinariamente sensitivo pela influência da luz, um novo instrumento que vai representar ao estudo da intensidade da luz e dos fenômenos luminosos da mesma forma como o microscópio representa o estudo de objetos diminutos e vai oferecer o núcleo em torno dos quais novas pesquisas e descobertas serão feitas.” Mas a mais poética homenagem foi feita pelo astrônomo francês P. J. C. Janssen em seu discurso à *Société Française de la Photographie* em 1888. “O filme fotográfico sensível é na realidade a verdadeira retina do cientista...pois ele possui todas as propriedades que a ciência poderia querer, ele fielmente preserva as imagens que se delineiam sobre ele, reproduz e multiplica essas imagens indefinidamente, a gosto do freguês; num espectro radioativo vai cobrir uma faixa maior que o

dobro em tamanho daquilo que o olho pode perceber, e brevemente talvez, vai cobrir totalmente esta área. Finalmente a grande vantagem desta admirável propriedade é que permite o acúmulo de eventos, enquanto nossas retinas eliminam todas as impressões após dez segundos, a retina fotográfica os preserva e acumula sobre praticamente um tempo ilimitado” (Darius, 1984).

Em relação à fotomicrografia - ampliação fotográfica de objetos microscópicos - acredita-se que seu primeiro impulso aconteceu por volta de 1837 por Talbot e em 1839 por J. B. Reade. Com imagens desenvolvidas em calótipo usado em conjunção com um microscópio solar, este trabalho gerou imagens de micrógrafos solares de raspa de madeira e da asa de um inseto na exposição denominada “Photogenic Drawings” apresentada à *Royal Institution* na Inglaterra (Veja figura 1). Provavelmente o primeiro daguerreotipista a trabalhar com o microscópio acoplado foi o Dr. Alfred Donné, que apresentou à Academia de Ciências uma placa de daguerreótipo acoplada ao microscópio e, poucos meses depois, apresentou a imagem de um olho de mosca perante os acadêmicos. Em 1843, Donné, em parceria com J. B. L. Foucault, produziram um atlas monumental de “Anatomia Microscópica”, para complementar um curso de microscopia. Com o avanço rápido de algumas técnicas microscópicas, Foucault e Donné incrementam suas imagens com emulsões mais sensíveis e com a iluminação para o microscópio com óxido de hidrogênio. Este atlas, publicado em 1845, tem importância histórica nos domínios científicos (Darius, 1984).

Emulsões monocromáticas apresentavam uma resposta diferente para luzes de diferentes cores (diferentes comprimentos de onda) e

respondiam melhor em regiões azuis que em qualquer outra parte, favorecendo uma interpretação irreal para certas imagens. Para isso, microscopistas precisavam de delicadas técnicas de tingimento para compensar tons, ou usavam filtros para atenuar os curtos comprimentos de onda. Estas emulsões passaram de monocromática para ortocromática com correção de cores para região verde-amarela e subseqüentemente, para pancromática, nas quais todos os tons foram balanceados com sucesso. A evolução subsequente da microscopia e dos artefatos técnicos e químicos gerou a maior parte do conhecimento atual nos campos da citologia, histologia e microbiologia, derivados no passado de estudos de tecidos coloridos e mortos.

O advento da microscopia de contraste de fase mudou esta técnica de tal forma que células vivas puderam ser facilmente observadas, e seus movimentos puderam ser visíveis. Mais tarde, inovações como microscopia eletrônica (1931), puderam acrescentar muito aos estudos de micrografia bacteriológica, visualização de vírus (Veja figura 2), enfim, problemas com interpretação de imagem e técnicas de desenho, nesta área foram resolvidos (Michaelis, 1955).

Na medicina sua importância se dá não somente na descoberta de diagnósticos como também em seu valor pedagógico. O descobrimento do raio-X em 1895 gerou o segundo grande impacto na fotografia científica, oferecendo diferentes possibilidades de visualização para o corpo vivo através dos tecidos. O grande acontecimento que marcou a passagem do século, foi a interpretação da fotografia do DNA por difração do Raio-X em termos de dupla-hélice, com suas implicações para a natureza do código genético.

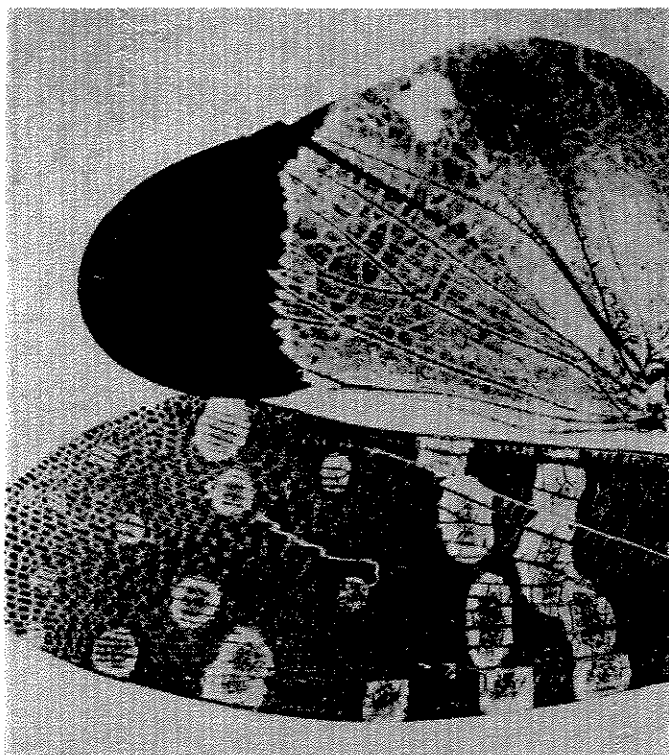


Figura 1: W. H. F. Talbot, +/-1840. Calótipo fotomicrográfico usado em conjunção com um microscópio solar de duas asas de borboletas.

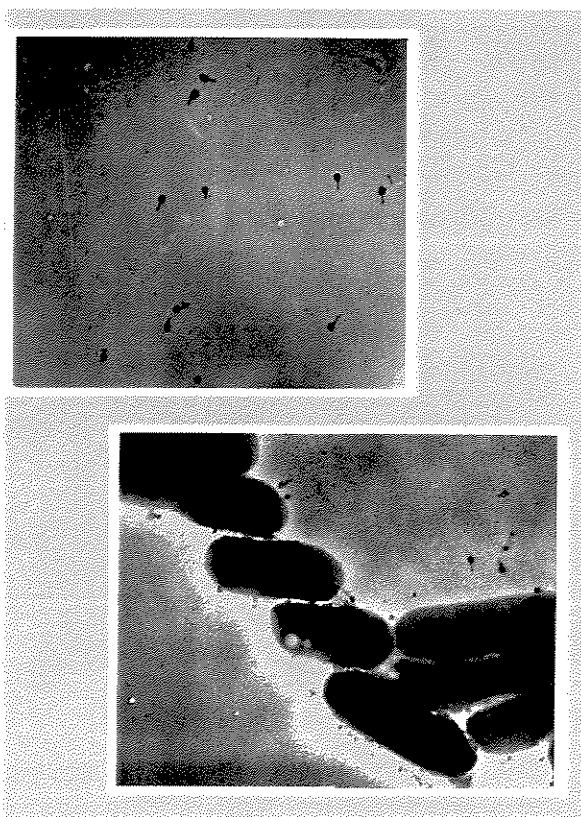


Figura 2: T. F. Anderson & S. E. Luria, 1942. A fotomicrografia revela a estrutura de um vírus com câmera acoplada a um microscópio eletrônico.

Ainda no final do século passado, imagens da decomposição do movimento, como a de um salto de um cão ou da corrida a pé, torna-se um dos setores onde a conquista da imagem é a mais espetacular, influenciando os mundos científico, pictórico e muito especialmente o movimento futurista. Estas conquistas devem muito à Etiénne Jules Marey e Eadweard J. Muybridge descritos a seguir.

Eadweard Muybridge, considerado o melhor fotógrafo da costa do pacífico, é contratado por volta de 1872 por um ex-governador da Califórnia, Leland Stanford para fotografar cavalos. Stanford, tinha por desafio provar que as quatro patas de um cavalo trotando deixariam o solo ao mesmo tempo. Para provar sua teoria ele precisaria de um novo artefato e, neste caso, a fotografia aparecia como uma possibilidade. Apesar de na época ser desconhecido qualquer método que realizasse tal feito, Stanford patrocinou anos de trabalho (1872 - 1878) de Muybridge e esse construiu um extraordinário dispositivo. Ao longo de uma pista onde corriam cavalos, alinhavam-se 24 cabinas com câmeras escuras. Cada cabina era monitorada por um operador, que ao sinal de uma apito, preparavam sua placa de colódio úmido (estas placas secavam após alguns minutos). Com os 24 operadores preparados, eram lançados os cavalos na pista, que se fotografavam por si ao romperem cordões dispostos em seu percurso. Muybridge conseguiu uma seqüência fotográfica com 24 quadros, provando que as quatro patas de um cavalo trotando deixariam o solo ao mesmo tempo (Sadoul, 1963; Lesser, 1988).

Estas imagens de Muybridge foram publicadas por volta de 1878 em várias partes do mundo, provocando tanto a indignação de artistas acadêmicos, pois acreditavam que a fotografia “via errado”, quanto o entusiasmo de pesquisadores científicos (Veja figura 3).

Um dos pesquisadores mais entusiasmados com a publicação de Muybridge foi Étienne Jules Marey, célebre fisiologista francês que depois de 20 anos de pesquisas sobre animais em movimento decide empregar a fotografia em suas experiências. Professor do *Collège de France* (1869), Marey começou a estudar fisiologia de animais e o movimento humano como objeto de pesquisa, passando por seus mais variados aspectos, desde a batida de asa de um inseto até a pulsação de um paciente humano. Acreditava que a observação direta - a olho nu - não forneceria informação para um trabalho comparativo conseqüente. Para alcançar os objetivos que almejava, um método de registro permanente deveria ser desenvolvido. Tentando achar soluções, desenvolveu várias técnicas de registro automático até chegar a uma câmera portátil que registrava fases sucessivas de qualquer movimento. Uma de suas muitas técnicas experimentais foi o registro automático de movimentos longos por meio de um odógrafo. Neste experimento, uma fita de papel, coberta com uma camada de zinco branco, era impulsionada para frente pelo movimento sob pressão e uma fina agulha de ferro traçava automaticamente, em ângulo reto, na direção do papel, um gráfico de deslocamento por tempo. Este método não se mostrou adequado para experimentos com grandes animais, neste caso uma foto quase encobria a outra impossibilitando a interpretação da seqüência. O próximo passo seria aumentar os espaços entre as fotos, por meio de uma placa que se movia.

Nesta época (1874) o astrônomo P. C. Jansen, utilizando-se de um equipamento desenvolvido por ele, o *revólver astronomique*, gravou o trânsito de Vênus em uma única placa circular com movimentos intermitentes que produziu 48 fotos diferentes do acontecimento. Marey, inspirando-se na experiência de Jansen, desenvolveu sua primeira câmera, o *fusil photographique*, utilizando-se de uma placa circular de vidro coberta com emulsão fotográfica, capaz de receber 12 imagens consecutivas em um segundo. Em cada imagem a placa rotatória de vidro era trazida para trás do obturador aberto por 1/720 de segundo. Com esta câmera, que registrava fases sucessivas de qualquer movimento, Marey teve a oportunidade de desenvolver vários experimentos como o voo de animais, a circulação do sangue, a batida de um coração, enfim, com sólida base científica (Michaelis, 1955; Frizot, 1984).

Em 1888, “*la Chambre Chronophotographique*”, foi descrita pela primeira vez à *Academie des Sciences*. Reunindo os princípios fundamentais do registro da realidade em movimento, incorporou uma lente óptica, um obturador e uma fita de papel foto-sensível de vários metros, que registrava a uma frequência de 10 a 20 imagens por segundo. Para testar o instrumento, ele coloca num quarto cúbico com fundo preto um cavalo branco e um homem vestido de branco. Quando estes passam em frente ao fundo negro, um disco aberto roda em frente a placa fotossensível, fazendo com que cada passagem por estas “janelas” produza uma imagem do que é branco enquanto o fundo preto não impressiona a placa, deixando-a virgem para outras impressões do branco. Desta forma, consegue produzir numa mesma fotografia uma série de imagens sucessivas representando as diferentes posições do movimento de locomoção (Veja figura 4).

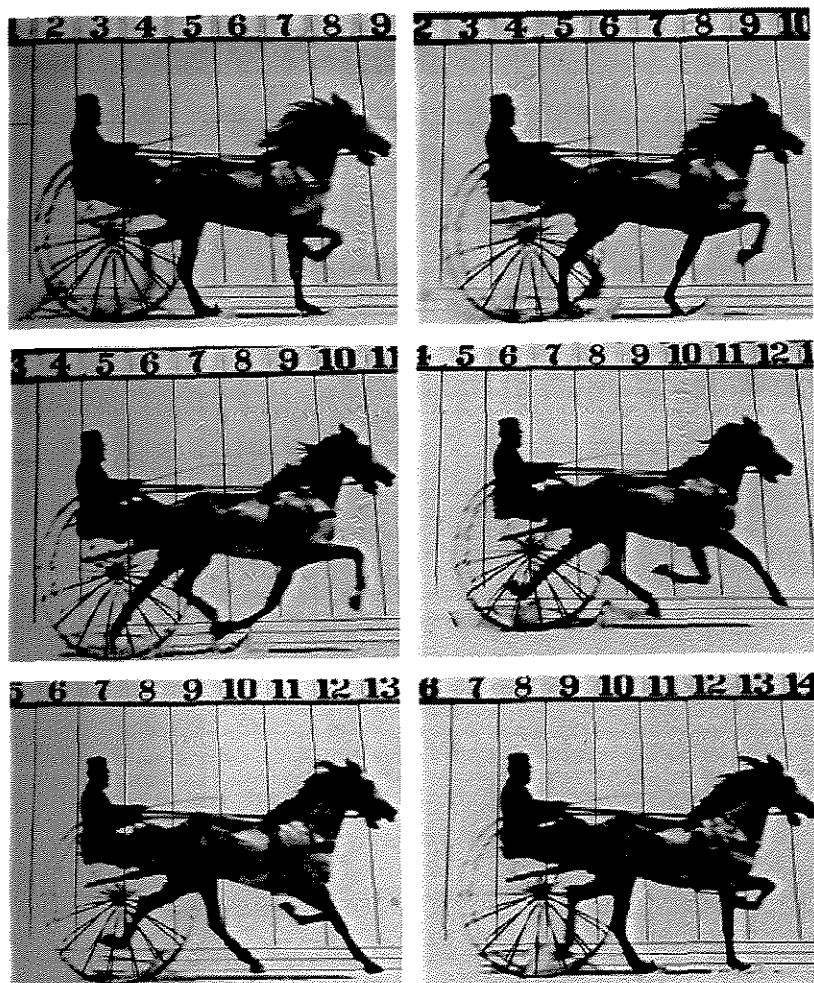


Figura 3: Eadweard Muybridge, 1878. Experimento realizado com doze câmeras e placa úmida de colódio para reproduzir a ação do cavalo em todos os pontos de seu galope.

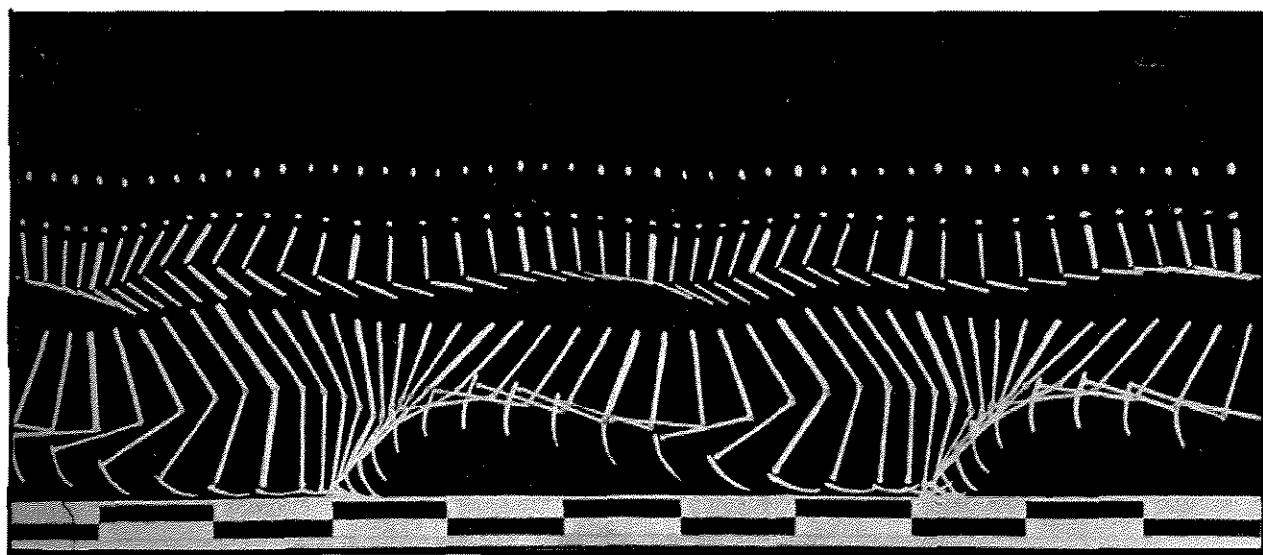


Figura 4: Etienne-Jules Marey, 1883. Cronofotografia sobre placa fixa de gelatino-brometo capaz de captar 60 imagens por segundo.

Este equipamento foi considerado o precursor de todas as câmeras cinematográficas modernas. Associando o aspecto técnico por ele desenvolvido ao metodológico, através da inclusão de uma escala de tempo junto a uma escala de distância, Marey provou com rigor científico sua teoria sobre análise do movimento, criando conseqüentemente, os fundamentos para a utilização do filme em procedimentos de avaliação quantitativa. Sua contribuição foi fundamental para o aperfeiçoamento das técnicas de registro imagético.

A imagem, seja ela fotográfica ou cinematográfica, levou o campo das ciências experimentais a um rápido crescimento. Desde a revelação do procedimento de Daguerre uma multidão de apaixonados, apresentou interesses múltiplos pelas imagens que, então, eram capazes de “condensar a realidade sobre uma placa prateada”, o daguerreótipo.

A prática do uso dos instrumentos de registro imagético em pesquisas, passou então a ser de grande valia nos processos de observação. No campo da biologia, particularmente em estudos sobre comportamento animal, esses recursos puderam ser aplicados em trabalhos experimentais do micro ao macrocosmo, aumentando o limitado campo da visão humana. Além do espaço, intensidade e comprimento de onda, o fotógrafo científico teve também o comando do tempo com fotografias de alta e baixa velocidade. Estes instrumentos passaram a desempenhar um papel inestimável na busca sistemática de novos conhecimentos, desde as reações relativamente simples às mais complexas.

Uma nova transformação: a imagem digital

Da mesma forma que a fotografia produziu impacto no final do século passado, hoje estamos sendo submetidos a um outro impacto traduzido nas inúmeras possibilidades geradas pelos recursos da informática. Com o enorme potencial oferecido pela computação gráfica o conceito de imagem sofre novos questionamentos com aquilo que passou a ser denominado tecnologia digital.

Atingindo os mais diferentes campos do fazer humano, essa tecnologia vem progressivamente, ocupando um espaço privilegiado no mundo científico. Com efeito, das representações imagéticas da estrutura da matéria à elaboração de imagens sintéticas, essa tecnologia tem permitido a criação e o refinamento de conceitos e teorias.

No entanto devemos estar atentos as especificidades dessa nova tecnologia, porque a imagem gerada a partir de cálculos matemáticos (imagem digital) não pode ser confundida com a imagem fotográfica ou de outra origem qualquer, submetida a um processo de digitalização. É importante deixar claro a distinção entre a fotografia digital, que em termos simplificados capta as imagens através de um sensor eletrônico, (no lugar do uso de um filme fotosensível), são vistas diretamente na tela de um computador e denominada imagem de primeira geração enquanto a fotografia digitalizada, é produzida convencionalmente (suporte químico) e escaneadas por um computador, é denominada “imagem híbrida” ou de segunda geração

A computação gráfica, de forma geral passa a fazer parte do cotidiano, podendo ser aplicada aos mais diversos campos de

experimentação. A rigor, ao receber uma imagem na tela de um computador, é possível, com as diferentes ferramentas, medir o padrão tonal, incluir e alterar cores modificando o cenário, colocar ou tirar elementos, que podem alterar o caráter informativo da imagem.

Neste sentido a tecnologia pode abrir um leque de possibilidades, na qual podemos interferir diretamente. No presente trabalho, a fotografia digitalizada, produzida a partir da transformação de uma imagem analógica (via química) em pontos elementares (pixel) e visualizadas na tela de um computador, passa a fazer parte como suporte imagético para um estudo de manipulação e interpretação de imagem.

As fotografias analógicas submetidas à tecnologia da digitalização foram utilizadas para montar um teste de percepção e acuidade visual. Sob a luz de um dos aspectos do comportamento animal - o padrão de coloração como estratégia de vida - foram ressaltados alguns itens da teoria de predação. O experimento foi montado com imagens de alguns ortópteros ora em seus respectivos substratos, ora coloridos, enfocando o padrão de coloração destes indivíduos em relação ao seu local de repouso.

Estas imagens serviram como fonte de elaboração e interpretação quando manipuladas e avaliadas por observadores humanos.

Para melhor entender o significado de alguns aspectos da teoria de predação, tema tão complexo, o capítulo seguinte faz uma abordagem geral sobre o assunto, ilustrando no final com alguns exemplos de pesquisa.

PADRÃO DE COLORAÇÃO EM ANIMAIS

O padrão de coloração de um animal, seja ele predador ou presa, retrata um pouco de sua estratégia de vida. Sua função diz respeito às condições naturais de termorregulação, comunicação e evasão à predação. Diversas espécies apresentam coloração críptica, passando despercebidas de seus predadores ou de suas presas. Entretanto algumas espécies são vistosamente coloridas, podendo ter também propriedades tóxicas ou sabor desagradável a predadores. Esta coloração tem, em vários casos, o papel de advertência. Aspectos defensivos de coloração em animais têm sido amplamente discutidos por Cott (1940), Wickler (1968) e Edmunds (1974).

Dentro do padrão de coloração, animais evoluem em dois sentidos. No primeiro, ele deve passar despercebido. Neste caso deve

assemelhar-se a uma parte aleatória do substrato, sendo considerado críptico (camuflado). Para ser considerado críptico um animal deve assemelhar-se a uma amostra casual do substrato, visto pelos predadores no curto instante de cada pouso, na fase de vida, condições visuais e micro-habitat nos quais a presa está mais vulnerável à predação. Neste caso, quanto maior a correspondência do padrão de cor e textura com o substrato que ocupa, menor o risco de ser encontrado por um predador visualmente orientado (Endler, 1978). Num segundo sentido, ele deve anunciar sua presença, e isto normalmente é feito através de colorações vistosas que se destacam do pano de fundo. Normalmente esses animais possuem propriedades desagradáveis aos predadores. Essas propriedades desagradáveis aliadas à coloração vistosa destes indivíduos gera o que se chama de animais aposemáticos.

Diferentes graus de cripticidade podem ser medidos pela similaridade do substrato, variações diárias ou sazonais das condições de luz, aspectos gerais do ambiente e distância de um animal em relação ao observador (Endler, 1978).

Uma presa pode ser considerada críptica para alguns predadores e conspícua (vistosa) para outros dependendo da diversidade de tática de caça, períodos de atividade e capacidades sensoriais. Alguns animais aperfeiçoaram de tal maneira sua semelhança com alguma parte do substrato que, mesmo para um observador atento, podem passar despercebidos. Na literatura, muitos termos são usados para descrever semelhanças muito precisas de animais com partes de planta. Para animais que são morfológica e comportamentalmente especializados para se parecer com algumas partes das plantas tem sido aplicado o

termo “mímico de parte de planta” (Cott, 1940; Wickler, 1968, Edmunds, 1977; Rand, 1967; Ricklefs & O'Rourke, 1975).

Polimorfismo de padrões de cores ocorre numa diversidade grande de animais, de crustáceos até mamíferos (Mayr, 1963) e tem sido interpretado como aspecto defensivo contra predação. Nesse sentido, são conhecidos exemplos onde predadores visualmente orientados podem ser responsáveis pela origem e manutenção de polimorfismo balanceado produzido por seleção apostática, polimorfismo para camuflagem, polimorfismo mimético do tipo Batesiano ou Mülleriano e polimorfismo de animais aposemático (Vasconcellos-Neto, 1987).

Polimorfismo genético

O polimorfismo genético, com base na definição de Ford (1975), é a ocorrência de duas ou mais formas discretas de uma espécie, que se dá com uma frequência acima da probabilidade por mutação recorrente. Ou seja, a frequência com que ocorre em populações naturais está acima da frequência esperada por mutação. Isto indica que há uma força seletiva favorecendo esta frequência de determinados padrões de cores ou morfos. As diferenças polimórficas podem ser de estrutura, fisiológica e/ou comportamental, e são muito comuns em insetos e outros invertebrados. Este tipo de adaptação auxilia a espécie a se ajustar às modificações ambientais ou, ainda, representa um equilíbrio nas proporções de diferentes tipos de indivíduos que sejam eficientes na manutenção da espécie num ambiente estável.

Seleção apostática

“Predadores visualmente orientados, podem preda proporcionalmente mais as formas mais comuns e menos as mais raras em relação à probabilidade de encontro. Este processo denominado seleção apostática (Clarke, 1962 a,b) ou reflexiva (Moment, 1962; Li 1962) pode ser responsável pela manutenção de polimorfismo balanceado em populações animais, independente de serem para camuflagem ou mimetismo” (Vasconcellos-Neto, 1987).

Seleção apostática é tida como forte em densidades intermediárias de presas, pois em baixas e altas densidades a imagem de procura não é operante no predador (Clarke, 1960; Tinbergen, 1960; Owen, 1963; Greenwood, 1969; Smith, 1971). Em densidades baixas os encontros entre predador e presa são muito esporádicos, não havendo formação de uma imagem de procura da presa, pois é difícil aprender pela raridade do evento. Por outro lado, quando a presa é muito abundante não há necessidade de uma imagem “aprendida” para procurá-la, visto a facilidade do encontro. Em densidades muito altas é possível que pássaros concentrem-se sobre as iscas mais raras (Allen, 1972), mas esta evidência é controversa, podendo ser um artefato de técnica (Harvey *et al.*, 1974).

Seleção apostática pode gerar polimorfismo em uma espécie (Clarke, 1962 a,b) assim como diversidade de aspectos em presas de uma comunidade (Rand, 1967; Ricklefs & O'Rourke, 1975; Figueira *et al.*, 1993).

A maioria dos trabalhos de seleção apostática trata de polimorfismo balanceado de presa produzida pela ação de predadores visualmente orientados (Vasconcellos-Neto, 1987).

Polimorfismo para camuflagem

O polimorfismo do padrão de cor de uma espécie pode ser seletivamente neutro se cada forma for vista pelo predador como uma amostra aleatória do substrato. Se os padrões de cor não são igualmente crípticos, ou se há alguma tendência para serem percebidos somente em certas partes do substrato, então a frequência de formas será proporcional à frequência dos elementos que compõem o padrão do substrato aos quais estão associados. (Endler, 1978)

Mimetismo

Predadores visualmente orientados e com capacidade de aprendizagem, habitualmente associam a experiência desagradável com o padrão de coloração conspicuo da presa, passando a evitá-las. Estes insetos de cores vistosas e com propriedades desagradáveis são chamados aposemáticos (Brower & Brower, 1964; Rothschild, 1964, 1972 a,b,c; Rothschild *et al.*, 1970; Rothschild & Kellet, 1972; Wickler, 1968; Edmunds, 1974).

Espécies aposemáticas podem ser imitadas em padrão de coloração e/ou outras características por espécies palatáveis (mimetismo Batesiano), ganhando proteção contra predadores vertebrados. Em outros casos, espécies de diferentes graus de impalatabilidade formam anéis miméticos Müllerianos (Rettenmeyer, 1970).

Polimorfismo mimético

Da mesma maneira que predadores visualmente orientados e com capacidade de aprendizagem exercem uma forte pressão seletiva sobre animais camuflados, gerando diversidade de aparência e polimorfismos, animais aposemáticos, com colorações vistosas, servem de modelo para várias outras espécies que os imitam, no caso os palatáveis. Esta pressão de predadores sobre espécies mímicas, favorece a seleção e a taxa de predação, dependentes da densidade. Neste caso a seleção determina que para escapar desta dependência a espécie passa a se assemelhar, através do processo evolutivo, a diferentes animais impalatáveis, ou seja, diante de um mímico diferentes imitações são selecionadas. A teoria de Henry Walter Bates (1825-1892) sugere que organismos aposemáticos sejam chamados de modelo e seus imitadores palatáveis de mímicos. Predadores visualmente orientados, associam experiências desagradáveis (sabor, ferrão etc.) com o padrão de coloração de presas, os quais, com uma certa experiência, evitam os mímicos. As principais semelhanças dos mímicos com seu modelo estão no padrão de coloração, comportamento, forma e estrutura do corpo. No

mimetismo Batesiano, o mímico beneficia-se assemelhando-se ao modelo aposemático, havendo perdas para o modelo e para o predador. Os mímicos devem ser mais raros que os modelos, pois acima de maiores densidades a seleção age contra o modelo e os mímicos, podendo gerar divergência do modelo. No mimetismo Mülleriano os co-modelos beneficiam-se pela redução de mortalidade por erros do predador. Presumivelmente também beneficia o predador, pois reduz o trauma associado com erros, por aprender os vários sinais de advertência (Nur, 1970; Lea & Turner, 1972; Edmunds, 1974).

PREDADORES E PRESAS

Um outro aspecto importante a ser considerado é o ponto de vista dos predadores.

A visibilidade de um organismo é influenciada pelas propriedades de coloração, como cor predominante e brilho, visão e tática do predador, comportamento da presa e ainda pelos padrões de coloração do substrato que, por sua vez, podem ser vistos como um mosaico de manchas que varia em tamanho, cor, forma e reflexão. (Endler, 1978).

Quando visualmente orientados e com capacidade de aprendizagem e memória, predadores exercem fortes pressões seletivas

sobre o padrão de coloração de suas presas, gerando diversidade de aspectos e aparência entre elas ou ainda polimorfismos dentro de uma mesma espécie (Rand, 1967; Ricklefs & O'Rourke, 1975; Owen, 1963; 1965 a,b; Figueira *et al.*, 1993). Predadores visualmente orientados são tidos como responsáveis diretos ou indiretos pelo polimorfismo cromático em grupos de animais como gafanhotos (Byrne, 1967a,b; Gill, 1979; Shultz, 1981; Dearn, 1981), lepidópteros (Ford, 1975), cobras (Camin & Ehrlich, 1958; Beatson, 1976; Andrén & Nilson, 1981), lagartos (Schoener & Schoener, 1976), ratos e cricetos (Gershenson, 1945; Gill, 1977). “Em alguns casos a predação não é a única forma seletiva responsável pelo polimorfismo, nestes casos podem haver combinações, como, por exemplo, a seleção de cor como caráter fisiológico combinado com substrato e pressão de predação” (Vasconcellos-Neto, 1987).

A formação da imagem de procura em predadores visualmente orientados é uma força seletiva muito importante atuando sobre a evolução do padrão de coloração de presas. Duas espécies de presa não podem ter a mesma aparência, pois representariam um aumento de densidade e, conseqüentemente, estariam sujeitas a uma taxa maior de predação do que aquela obtida pelo encontro casual se ambas tiverem aparências distintas. A seleção, neste caso, promoveria a divergência em padrão de cor, ou seja, uma diversidade de aspecto ou aparência. Essa força seletiva, atua tanto entre espécies, gerando diferentes padrões de cor, como dentro de uma mesma espécie, gerando polimorfismos.

Segundo Holling (1965), há três curvas básicas que descrevem a predação em diferentes predadores. Alguns predadores vertebrados

apresentam uma resposta funcional do tipo linear, ou seja, a taxa de predação aumenta linearmente com o aumento em densidade da população de presa. Para outros organismos, este aumento linear se dá até o nível de saciação, onde a curva atinge um platô, ou ainda, em outros casos esta resposta pode ser do tipo exponencial com tendência a um platô. Num último caso, a resposta funcional de predadores visualmente orientados não é linear, apresentando uma curva sigmóide de predação com forma semelhante à de um “S”, onde em baixas densidades de presa a taxa de predação está abaixo do esperado pela probabilidade de encontro, e em densidades maiores acima do esperado pela probabilidade de encontro. Isso se explica porque, quando as densidades são baixas e os encontros são casuais, o predador vê mas não reconhece, não percebe, e a presa passa como camuflada no “pano de fundo” (Vasconcellos-Neto, com. pess.).

A partir do momento em que a densidade aumenta, as frequências de encontro e reconhecimento como presa aumentam, o predador passa então a formar uma imagem de procura (“search image”) do item como alimento. Neste caso, a taxa de predação está acima da probabilidade de encontro, porque ele tem uma imagem visual e é capaz de encontrar e buscar ativamente suas presas. Esta predação diferencial gera uma curva do tipo “S”, e nessas densidades intermediárias é formada a imagem de procura. O tipo de seleção imposta sobre as presas é denominada apostática, e para diversos autores ela é considerada uma força seletiva importante gerando polimorfismos dentro e entre espécies (diversidade de aspecto).

Intensidade de predação

É provável que a intensidade de predação não seja constante, podendo variar de lugar para lugar. O grau de cripticidade ou similaridade de substratos vai ser proporcional à intensidade da seleção visual. Neste caso a cripticidade deve ser mais elaborada, quando e onde a predação for mais intensa. Em áreas de baixa intensidade de predação o padrão de coloração da presa pode ser preciso, como uma mostra aleatória do substrato, ou aproximado a este padrão. Portanto “a diversidade entre morfos ou espécies para predação num mesmo substrato deve-se reduzir com o aumento da intensidade da seleção visual” (Endler, 1978).

MÉTODOS HABITUALMENTE EMPREGADOS PARA AVALIAÇÃO DO PADRÃO DE COLORAÇÃO EM INSETOS

Dentre as técnicas usualmente empregadas para avaliação de características físicas de insetos, podemos citar a conservação de insetos em laboratório ou a análise visual imediata.

Em laboratório, quando o assunto tratado é conservação de insetos, de acordo com a metodologia usual, os indivíduos são coletados a fim de que sejam medidas suas características. É necessário fixá-los em álcool 70% ou antes de conservá-los à seco, matá-los com

acetato ou éter. Neste caso, diferentes insetos e com coloração distinta, normalmente perdem seu padrão de cor natural e se transformam num padrão de difícil identificação, principalmente em gafanhotos. Outro método utilizado para matá-los é o uso do cianureto, capaz de manter as características tonais do indivíduo, desde que retirados rapidamente após a morte e viscerados pouco tempo após a coleta e mantidos a seco. Caso esse procedimento não seja devidamente desenvolvido, tanto o produto pode provocar a descoloração, quanto a umidade proveniente das vísceras do animal pode favorecer a permanência de fungos ou mesmo a descoloração natural (Dr. Ivo Pierozzi Jr. NMA-Embrapa com. pess.). Da mesma maneira, avaliar em laboratório as características dos substratos, torna-se inviável, principalmente porque o transporte é dificultado em razão de seus volume e peso, além da perda das características originais de alguns elementos, como é o caso da vegetação e do substrato.

A forma mais usualmente empregada para identificação das características de insetos, como cor, textura e forma, são feitas pela análise visual imediata e muitas vezes comparados a cor e textura de seus substratos originais como: capim seco, casca de árvore, pedra, etc.

Por outro lado, quando se trata de trabalho desenvolvido em laboratório para teste de percepção ou identificação do item alimentar, habitualmente são realizados por simulação de substratos e posteriormente apresentado aos predadores. Pesquisadores desta área (Kiltie, 1992; Jules, 1975; Endler, 1978 e outros), produzem diferentes sistemas que imitam os aspectos padrões da realidade, normalmente impressos em papel, e apresentam para análise aos seus objetos de pesquisa que, no caso, podem ser aplicados em animais ou humanos.

Desta forma avaliam a performance da discriminação de textura, podendo comparar o nível de camuflagem ou conspicuidade através dos efeitos originados por seus métodos. Neste caso, a área de pesquisa passa a ser identificada como psicofísica da visão ou psicologia da percepção.

VISÃO VERSUS IMAGEM DE PROCURA - EXEMPLOS ILUSTRATIVOS

Para se conseguir investigar as diferentes formas de predação, diversos trabalhos foram desenvolvidos. Dentre muitos, elegeu-se alguns experimentos clássicos baseados nas diferentes hipóteses da teoria de predação para melhor ilustrar os aspectos teóricos inicialmente citados. Os exemplos aqui citados abordam pontos de vista desta teoria enfocando: a formação de imagem de procura, a quebra da formação de imagem de procura, coloração de advertência, densidade e acuidade visual.

Luc Tinbergen (1960) foi o primeiro pesquisador a enfatizar o aspecto da aprendizagem - formação de imagem de procura - no processo de reconhecimento da presa por parte de aves silvestres, apresentando evidências sobre a importância da imagem de procura na natureza. Em um bosque de pinheiros na Holanda ele estudou as variações no número de cada espécie de insetos que alguns pássaros estavam levando para seus ninhos e a relação destes números com a

abundância das espécies predadas nas áreas de busca. Percebeu que no início da primavera, estes pássaros não comiam certas espécies, mas de repente começavam a incluí-las em suas dietas. Tinbergen observou que a proporção de insetos capturados era muito baixa quando esta espécie se apresentava rara na área de obtenção, no entanto estas proporções aumentavam muito com o aumento da densidade de presas. Concluiu que os encontros entre as aves e os insetos eram pouco freqüentes quando a densidade da população da presa também era baixa e, desta forma, não permitiria aos pássaros uma formação efetiva de imagens de procura. Quando as presas se tornavam comuns os encontros se tornavam freqüentes, conseqüentemente, estes aprendiam a reconhecer os insetos e encontrar os indivíduos, ou seja, melhorava a habilidade dos pássaros para visualizar insetos crípticos, o que chamou de “adoção de uma imagem de procura específica” (Rand, 1967; Krebs & Davies, 1966).

Outras hipóteses poderiam explicar estas observações de Tinbergen, como, por exemplo, as colocadas por Royama (1970), a qual diz que os pássaros poderiam ter visto os insetos anteriormente, mas decidiram incluí-los na dieta apenas quando a abundância aumentou o suficiente, a ponto de tornar vantajosa sua procura. Esta afirmativa sobre a vantagem ou não da procura foi baseada no fato de que na natureza, quanto mais difícil a busca, mais tempo e energia são gastos desnecessariamente, ou seja, na relação custo-benefício da teoria de forrageamento ótimo, o ganho energético deve ser positivo quando a densidade de presa aumenta, gastando-se menos energia na procura.

Dawkins (1971), no entanto, excluiu esta explicação alternativa mostrando em seus experimentos que predadores de fato mudavam seus

hábitos de visualização em relação as presas crípticas. Em laboratório, ele apresentou para pintinhos domésticos grãos de arroz coloridos, variando apenas o substrato. Inicialmente grãos laranja e posteriormente grãos verdes sobre um fundo verde, repetindo o experimento separadamente para cada pintinho. Em ambos os casos o tempo de detecção foi menor em substrato conspícuo. Em relação ao fundo críptico, no início os pintinhos bicavam o próprio substrato, e após 3 ou 4 minutos começavam a encontrar alguns grãos. Ao final das tentativas, comiam presas crípticas da mesma forma que as comiam em substratos conspícuo (Krebs & Davies, 1966).

Já o experimento de Pietrewics e Kamil (1981) testou hipóteses funcionais sobre adaptação, com mariposas do gênero *Catocala*, em bosques decíduos da América do Norte. As asas anteriores destas mariposas parecem ser crípticas, muito semelhantes às cascas das árvores que repousam. As asas posteriores, com frequência, são fortemente coloridas em tons de amarelo, laranja, vermelho ou rosa. Habitualmente estes animais repousam com as asas posteriores cobertas pelas anteriores, mas, caso sejam perturbadas, apresentam subitamente as asas coloridas. A hipótese levantada neste caso é a de que o padrão de cor e textura das asas anteriores reduzem a detecção por parte dos predadores, enquanto as asas posteriores exercem um efeito “surpresa” sobre o predador ao detectá-la, fazendo com que a ave pare momentaneamente, conseqüentemente esta terá maior tempo para escapar (Krebs & Davies, 1996).

Em apoio à hipótese de coloração críptica das asas anteriores, observa-se que diferentes espécies deste gênero selecionam diferentes substratos que se equiparam as suas reflectâncias, e orientam-se

particularmente de modo que o padrão das asas se alinhem ao das fissuras das cascas das árvores, maximizando desta forma o efeito críptico. No que diz respeito ao polimorfismo, em muitas espécies do gênero *Catocala*, as asas anteriores são polimórficas, ou seja, coexistem na mesma população indivíduos com diferentes padrões de cores. Neste caso, a hipótese é que quando um predador descobre uma mariposa, pode formar uma “imagem de procura” para este padrão particular, e concentrar-se na busca de indivíduos similares. Caso a população tivesse o mesmo padrão de coloração, todos os indivíduos estariam sob o risco de predação; caso houvesse polimorfismo, um predador que formasse “imagem de procura” para um determinado tipo de forma deixaria escapar as outras com mais frequência (Krebs & Davies, 1996).

Para testar estas hipóteses, Pietrewicz e Kamil (1981) desenvolveram um experimento com projeções de diapositivos onde os predadores eram gralhas azuis (*Cyanocitta cristata*). Foi montado em laboratório um esquema no qual a ave se posiciona em frente a uma tela de projeção; ao lado direito, um mecanismo de “avanço” que denominaram de chave, e abaixo da tela, um orifício circular através do qual eram oferecidas larvas de besouro nos casos de acerto por parte do pássaro. Em relação ao teste de coloração críptica, era projetado uma seqüência de diapositivos onde intercalavam aleatoriamente a presença ou não de uma mariposa em cada foto. Caso o pássaro bicasse a foto que apresentasse uma mariposa ele era recompensado com uma lagarta. Neste caso ele poderia acionar a chave de “avanço” e imediatamente apareceria outra figura. Se ele bicasse uma imagem sem a presença de uma mariposa ou, ainda, acionasse a chave de avanço em uma foto com mariposa, seria punido com um retardamento na apresentação seguinte.

Os pesquisadores verificaram neste experimento que o predador cometia muito mais erro quando a mariposa se apresentava sobre um substrato críptico, e menos em um substrato conspícuo.

Num outro caso, com o mesmo tipo de experimento Pietrewicz e Kamil (1981) testaram a idéia da criação da “imagem de procura”. Apresentaram às gralhas azuis (*Cyanocitta cristata*) diferentes seqüências de diapositivos. Quando uma seqüência era formada por imagens com o mesmo padrão de coloração da mariposa, ou seja, críptico, a gralha aprendia a discriminar visualmente no decorrer das repetições das imagens e melhorava o sucesso das bicadas. No entanto, quando expuseram duas seqüências de mariposas diferentes, colocadas aleatoriamente, a gralha não melhorou o sucesso de detecção com a repetição das exposições. Neste caso, os pesquisadores concluíram que a exposição de presas polimórficas parecia prevenir a formação de “imagem de procura” pelo predador (Krebs & Davies, 1996).

Em relação à coloração vistosa das asas posteriores do gênero *Catocala*, Krebs & Davies comentam ainda o experimento desenvolvido por Debra Schlenoff (1985) com mariposas confeccionadas de cartolina, imitando a forma e o padrão de coloração destes indivíduos. Estas espécies apresentavam asas posteriores de vários padrões tonais escondidas sob as asas anteriores colocados numa prancha. Gralhas azuis eram treinadas para removerem as falsas mariposas e quando isso acontecia, recebiam uma recompensa em alimento. Algumas gralhas foram treinadas a bicar modelos com asas posteriores cinza, uma cor mais críptica e intercaladamente eram expostas a padrão de coloração vivo, neste caso, respondiam com surpresa. Outras foram treinadas a bicar modelos com padrão de coloração vistosa das asas posteriores e,

quando expostas ao padrão cinza, não se espantavam. Repetidas apresentações evidenciaram que as aves se habituaram a um padrão particular de coloração mas, um novo padrão de cor viva sempre causava um efeito surpresa. O resultado deste experimento evidencia a hipótese da surpresa, e o efeito de hábito sugere vantagem adaptativa em diferentes espécies simpátricas² de *Catocala*.

Outra forma de testar aspectos de coloração vistosa foi desenvolvido por Gittleman & Harvey (1980). Nesse experimento pretendiam identificar se presas com coloração vistosa eram realmente reconhecidas com facilidade. Para tanto, ofereceram “pellets” coloridas para quatro grupos de pintinhos domésticos, colocados em dois tipos de fundo, azul e verde. O primeiro grupo foi exposto a uma condição críptica, com “pellets” azuis em fundo azul, o segundo a um padrão conspícuo com migalhas verdes em fundo azul. O terceiro grupo, repetiu o padrão conspícuo com migalhas azuis em fundo verde e o quarto, o padrão críptico com migalhas verdes em fundo verde. Estes “pellets” eram impregnados com sulfato de quinino e mostarda em pó a fim de que tivessem um sabor desagradável. Independentes da cor do fundo, os pintinhos bicaram mais presas conspícuas no início do experimento, mas as repetições mostraram que presas crípticas sofreram acumuladamente maior predação, indicando a importância de uma presa de gosto desagradável possuir coloração conspícua. A hipótese, neste caso, é a de que predadores devem aprender a associar mais facilmente as propriedades desagradáveis de presas a marcadores como cores contrastantes (vistas).

² Existência de duas ou mais populações em uma mesma região geográfica.

O experimento demonstrou que os pintinhos podem aprender a evitar presas conspícuas em menor tempo porque aprendem a reconhecer mais facilmente sua coloração vistosa (Roper & Redston, 1987), ou ainda, porque o consumo de um grande número de presas em curto espaço de tempo, pode se tornar mais aversivo do que o consumo de presas ainda maior, mesmo que num período de tempo maior. Outra vantagem citada por Guilford (1986), para conspiciência, é que predadores ao aprenderem evitar presas de colorações vistosas, diminuem as chances de ataque por engano.

Os trabalhos acima citados ilustram algumas técnicas desenvolvidas em experimentos que se referem às relações entre presas e predadores enfocando diferentes padrões de coloração, sejam eles miméticos ou aposemáticos, camuflados ou conspícuos, sob pressão de predadores visualmente orientados. As diferentes formas de experimentos, denotam não existir uma linha definida quanto aos métodos de pesquisa em áreas como esta.

Vê-se que muitos estudos em padrão de coloração têm sido realizados com grande diversidade de espécies e em diferentes habitats. No presente trabalho, os ortópteros foram eleitos em razão de sua relevância reconhecida para estudos de polimorfismo e camuflagem (Gill, 1979; Joern & Lawlor, 1981; Schultz, 1981), especialmente na família Acrididae, em que várias espécies se assemelham a capins (verde e seco), folhas gravetos e pedras (Cott, 1940); e por apresentarem uma estruturação em grupos funcionais, que utilizam diferentes substratos de maneira semelhante (Joern & Lawlor, 1981) como eleição do local e posicionamento adequado em uma determinada área (Eterovick *et. al.*, 1997) .

Como pôde-se perceber, existem inúmeras formas de se medir as diferentes estratégias de sobrevivência bem como o comportamento de predação. O método aqui desenvolvido fez uso da fotografia digitalizada como forma de retratar as condições naturais com a finalidade de investigar o comportamento do predador frente aos parâmetros da presa. Estas imagens apresentaram gafanhotos em condições de repouso, que fizeram o papel de presa e foram exibidos e avaliados por humanos. Estes por sua vez, simularam a visão de “predadores visualmente orientados”, respondendo a um teste de percepção, como poderá ser visto à seguir.

ASPECTOS EXPERIMENTAIS

Foram montados cinco experimentos mostrando diferentes estratégias de repouso dos gafanhotos em seu habitat natural. A seqüência se deu na ordem de: Fotografias em campo de algumas espécies de gafanhotos em diversos substratos apresentando diferentes padrões de cor e textura. A captação dessas imagens se deu com diferentes parâmetros de posicionamento e distância, simulando o ponto de vista de um predador qualquer. Digitalização e manipulação dessas imagens de forma a montar os testes denominados “investigação visual”. Apresentação das imagens. O homem, usado como modelo,

simulou o ponto de vista de um predador visualmente orientado, para responder à estes experimentos.

Parâmetros para o teste de percepção e acuidade

As especificidades da teoria de predação tornaram-se adequadas à utilização de um suporte imagético. Para isso foram montados cinco experimentos apoiados em aspectos relacionados ao comportamento de predação bem como os que operam os diferentes mecanismos evolutivos de defesa da presa que resumidamente pode-se identificar da seguinte maneira:

- I. Formação de imagem de procura: Como o predador responde a encontros sucessivos com a presa? Existe ou não uma formação de imagem de procura?
- II. Densidade da presa: Como a densidade interfere no tempo de localização da presa?
- III. Distância da presa em relação ao predador: Como a distância ou a acuidade do predador, de uma maneira indireta, determina o tempo de localização da presa?
- IV. Diversidade de aparências: O que acontece com o tempo de detecção ao se apresentar uma seqüência de imagens com indivíduos crípticos?

V. Experimento cruzado com anúncio de aparências: O que acontece com o tempo de detecção quando apresentamos animais com padrão aposemático, ou seja, que prontamente se anunciam? Neste caso pode-se entender também como padrões que não conferem camuflagem.

Estes experimentos, devem testar a hipótese de que animais crípticos apresentam uma estratégia completamente diferente de animais vistosos, tais como os efeitos provocados pela formação de imagem de procura, densidade ou distância de presas.

Os recursos da fotografia digitalizada associados à computação gráfica - que serão melhor especificados no capítulo seguinte - tornam o processamento digital de imagens uma possibilidade para simulação em diferentes condições experimentais, podendo extrair informações a partir dos componentes da imagem e tornando estes dados representáveis imagética e numericamente.

III

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

AMBIENTE DE LOCALIZAÇÃO

O trabalho com artrópodes, foi desenvolvido próximo ao Parque Nacional da Serra do Cipó, localizado ao sul da cadeia do Espinhaço em Minas Gerais, no município de Santana do Riacho. A região de coleta situa-se próximo ao Km 115 da estrada que liga Vespasiano à Conceição do Mato Dentro. Campos rupestres ou campos de altitude (superiores a 900 metros), são caracterizados por diversas gramíneas e tufos de vegetação arbustiva, com clima adverso, atingindo temperatura inferior a 0°C. no inverno (Veja figura 5). A paisagem, dominada por

serrotes de quartzito (Veja figura 6), é recortada por numerosos cursos d'água de variadas dimensões e em sua maioria temporários, secando de abril a agosto ou podendo tornar-se torrentosos durante o período chuvoso (Sazima & Bokermann, 1977). Considerado um sistema único, é caracterizado pela presença das famílias Melastomataceae, Eriocaulaceae, Xiridaceae, Veloziaceae e Asteraceae (Magalhães, 1966). A flora dos campos rupestres abriga ainda um número relativamente elevado de espécies endêmicas, isto é, espécies com desenvolvimento espontâneo dentro de uma área limite (Joly 1970), e surpreende por sua capacidade de adaptação, adequada para obtenção de água, retendo o máximo quando absorvida pela chuva ou ainda extraindo-a da neblina, que cobre os campos sobre as montanhas durante a noite. Encontram-se ainda manchas de cerrado, cujas condições se assemelham em altitude e clima, mas com terreno arenoso ou pedregoso e relevo bastante ondulado, composto por manchas que variam como mosaicos descontínuos de diversas tonalidades, formando, conseqüentemente, diversos tipos de substrato (Veja figura 7 e 8).

Neste local é encontrada uma grande variedade de ortópteros que parecem utilizar a camuflagem como seu principal meio de defesa contra predadores visualmente orientados, confundindo-se com diferentes substratos. Em relação aos gafanhotos, pouco se sabe sobre as espécies locais ou sobre sua ocorrência em diferentes épocas do ano, mas percebe-se a existência de uma grande variedade morfológica adaptada aos diferentes espaços morfométricos (Veja figura 9). A diversidade de aspectos neste caso, pode estar diretamente ligada à complexidade estrutural das plantas, à variedade de microclimas, alimentos, abrigos, sítios de ovoposição (Eterovick *et al.*, 1977). É importante ressaltar que colorações vistosas neste grupo são pouco

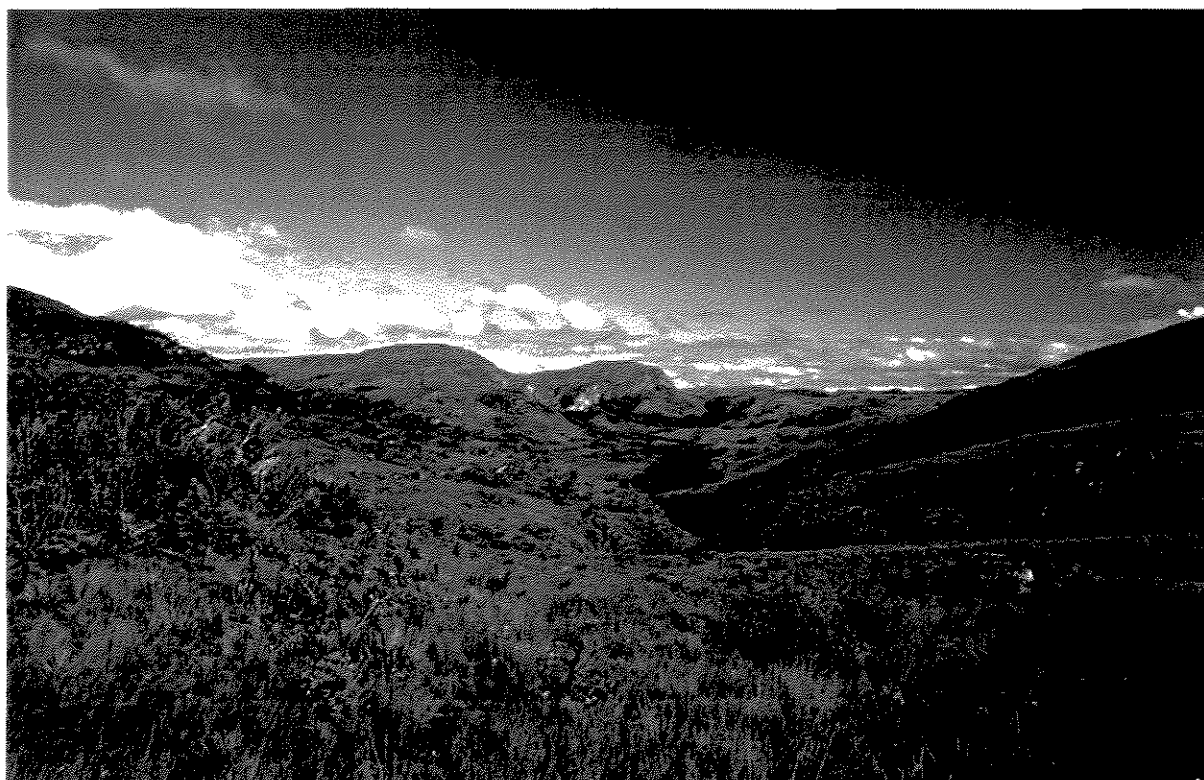


Figura 5: Vista panorâmica do alto da Serra do Cipó, Santana do Riacho, MG.

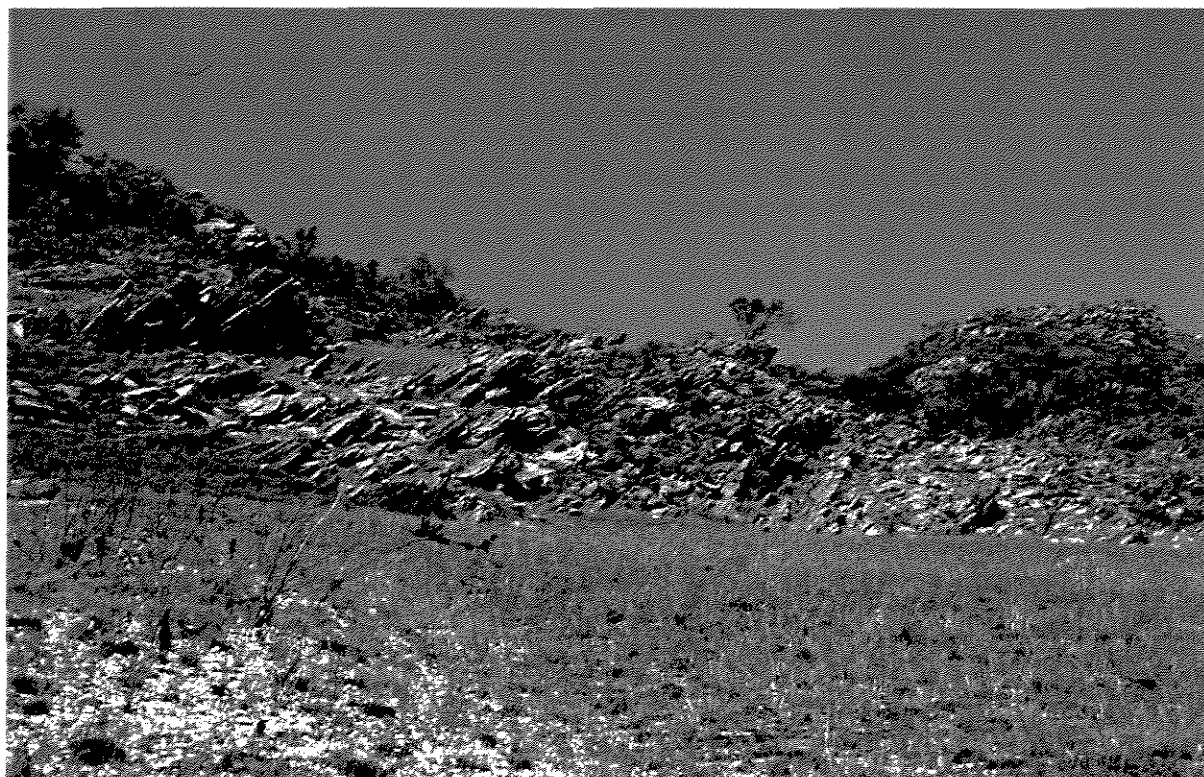


Figura 6: Ao fundo, afloramento de rochas areníticas mostrando dobraduras do relevo. Em primeiro plano, a esquerda, campo de solo quartizítico e a direita, solo mais arenoso.



Figura 7: Diferentes aspectos da região de coleta, afloramento de rochas areníticas.



Figura 8: Lago temporário da região de coleta, Santana do Riacho, MG.

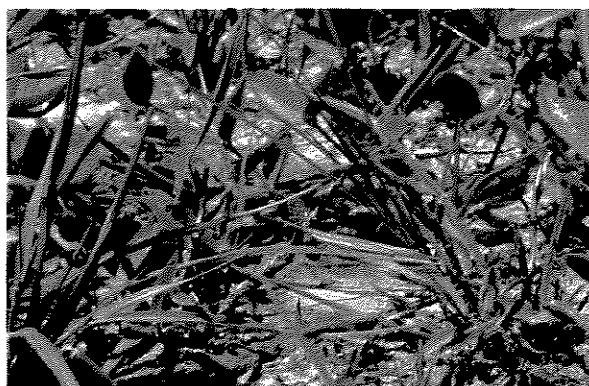
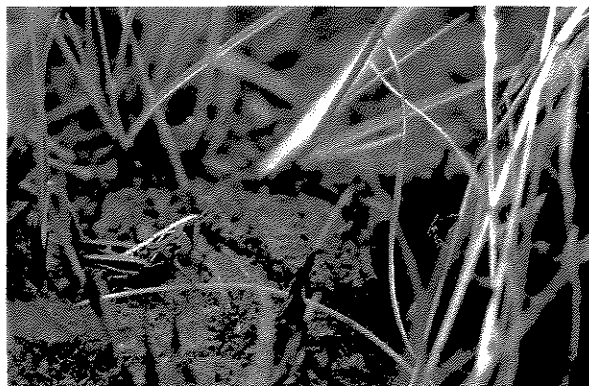


Figura 9: Algumas espécies de acridídeos encontradas num mesmo ambiente de coleta, demonstram a diversidade do padrão de coloração de espécies de gafanhotos e seus substratos.

freqüentes. Habitualmente as diferentes formas se encontram camufladas em seus substratos e mesmo assim, para efeito de simulação, alguns indivíduos foram pintados de forma a se tornarem vistosos.

MATERIAL E MÉTODOS

As diferentes etapas de coleta de material se deram na ordem das tomadas fotográficas, digitalização, manipulação, sendo cada uma dessas seguida de edição e, montagem dos experimentos. A montagem dos experimentos foi elaborada para realizar os testes de “Investigação Visual”. Foi aplicado inicialmente em sala de aula, um teste piloto com diapositivos projetados para diagnosticar detalhes da apresentação assim como o limite de tempo em cada imagem, a distância ideal do observador, como deveriam ser explicados os experimentos para cada observador, enfim, condições adequadas para formular e sistematizar o processo de arguição.

Em um segundo momento, já com as imagens devidamente digitalizadas e manipuladas, os testes foram apresentados aos diferentes grupos experimentais diretamente na tela do monitor. As pessoas foram entrevistadas individualmente, algumas avaliando uma imagem, outras uma seqüência de imagens conforme o experimento. Registrou-se o tempo de detecção dos gafanhotos em cada uma das imagens.

Obtenção da imagem fotográfica (analógica)

A presença dos gafanhotos em campo era normalmente detectada após um salto, andando vagarosamente sobre o substrato. No momento da tomada fotográfica, houve a preocupação em obtê-la de modo a permitir que o mosaico fosse estampado em diferentes distâncias, supondo o ponto de vista do predador. Para tanto, foi seguido um roteiro previamente estabelecido quanto ao posicionamento e distância, baseados em experiências anteriores. As distâncias variaram de 1,5m, consideradas suficientes para identificar o indivíduo em seu substrato, até à aproximação em close-up (25cm), pois esta permitiria analisar detalhadamente as características individuais de cada gafanhoto. O ângulo e a distância das tomadas fotográficas foram previamente discutidos e eleitos de forma que simulassem a visão de um predador, evitasse a distância de fuga e garantisse uma seqüência de imagens. As fotografias deveriam fornecer detalhes suficientes para a elaboração dos experimentos.

O equipamento utilizado para obtenção das imagens analógicas foi, uma câmera fotográfica NIKON (35 mm) com lentes 55mm/micro e filmes diapositivos Fujichrome Velvia (RVP). O filme reversível a cores, tipo luz do dia com sensibilidade ISO 50, foi eleito por apresentar uma imagem de alta qualidade, conferir fineza de grãos, alto poder de resolução e grande nitidez de imagem. Este filme apresenta reprodução rica em detalhes e realce de cores. Além disso, foi levado em consideração o lote dos filmes, optando pela compra de todos os carretéis no mesmo momento. O processo de revelação foi designado a um laboratório especializado com o objetivo de guardar as características dos químicos e temperatura, caso fosse necessário

repetir o procedimento, pois assim seria possível manter o mesmo padrão de qualidade.

Fotografou-se com iluminação natural, preservando-se as condições de luz e sombra do ambiente e evitando os horários de sol à pino, pois, nesses momentos a incidência de luz é intensa, dando à imagem um aspecto "lavado". Houve interferência de apenas um filtro polarizador para eliminar possíveis reflexos provenientes de luz lateral e, conseqüentemente, intensificar os tons.

Em seguida foi realizada uma primeira edição, eliminando algumas imagens de qualidade inferior ou inadequadas à proposta. Ainda assim, foi reservado um grande número de imagens para que pudessem representar os diferentes padrões de textura, cor, posicionamento e distância dos indivíduos em relação ao seu substrato. Este elevado número, foi mantido em função de não se conhecer as características das imagens após a digitalização, cabendo posteriormente um segundo momento de edição.

Obtenção da imagem digitalizada

Com um microcomputador 586 P-100 com 16 MB, HD 1.08GB de memória e placa de vídeo PCI-Bus Graphics Accelerator de 64-bit (para 16 milhões de cores) foi possível desenvolver as diferentes etapas

de obtenção (*scanerização*³) e manipulação das imagens digitalizadas.

Para o desenvolvimento desta etapa foi utilizado um *scanner* de mesa com acessórios para transparências. Ajustamos o equipamento com resolução de 600dpis (*dot per inch*), para “Diferenciação em Milhões de Cores” (32-bits) para fotografia colorida, com o objetivo de obter a melhor qualidade visual. Com este “Tipo de Imagem”⁴, a variação de cores ou tons de cinza, é captada *pixel-a-pixel* oferecendo melhor resolução e possibilitando o uso de todas as ferramentas do *software* de manipulação. Este processo enfatiza detalhes, e torna a imagem aparentemente muito melhor definida. O **HP Scanjet** acompanhado com um *software* **DeskScanII**, apresenta características particulares como qualquer outro equipamento, porém, para elaborar esta etapa do experimento foi preciso definir algumas regras que sistematizassem um mesmo nível de visualização.

Dentre as ferramentas utilizadas no processo de digitalização, a que mais nos prendeu a atenção foi a “Resolução”⁵ da imagem. Em geral, à medida que se aumenta o número de pontos por polegada também se aumenta a qualidade e o tamanho do arquivo da imagem. A resolução de digitalização pode ser ajustada de acordo com o “tipo de

³ *Scanerização* é um processo que se dá por meio de um equipamento periférico denominado *scanner* onde a imagem analógica é transformada em imagem digital. Esta matriz é então convertida para um formato gráfico, podendo ser lida e manipulada por um sistema de processamento digital (Crósta, 1992).

⁴ Tipo de imagem é uma janela do *software* utilizado que especifica a qualidade da imagem a ser *scaneada*.

⁵ Resolução é a capacidade de um dispositivo de saída (impressora ou scanner) de decompor os detalhes, sendo na maioria das vezes medida em pontos por polegada (dpi).

imagem”, seja ela fotografia, desenho, pintura, coloridos ou preto e branco. À medida que se aumenta a resolução, aumenta também o tamanho em *bits* da imagem, - mas este valor tem um limite e ao atingir seu limiar, uma maior resolução aumenta apenas o tamanho em pixel da imagem digitalizada - com pouca melhora na qualidade. A preocupação com a resolução, teve por objetivo manter a qualidade da imagem ideal à apresentação no tamanho da tela do monitor.

Cabe lembrar que cada tipo de tela de computador exhibe de maneira diferente os pretos, brancos e as cores. Para minimizar efeitos destoantes foi necessário “Calibrar”⁶ o monitor. Calibrou-se o monitor para comparar uma fotografia projetada em fundo branco e manter o maior nível de aproximação de tons da imagem original.

Um outro aspecto importante foi quanto à eleição do **Formato do arquivo**. Dentre os vários formatos de arquivo gráfico existentes procurou-se trabalhar com o que fornecesse melhores condições em termos de qualidade de resolução, ou seja, qualidade gráfica, e que fosse aceito nos diferentes *softwares* utilizados neste trabalho, não importando o tamanho em bits para arquivamento. Optou-se pelo formato TIFF - Tag Image File Format - por ser freqüentemente usado em Macintosh e PC Bitmap, podendo ser lida por qualquer um dos *softwares* deste trabalho e transferir estas imagens de uma plataforma ou programa para outro qualquer de forma eficiente.

⁶ Calibragem da tela: processo pelo qual se ajusta a tela do computador para melhorar o modo como o scanner exhibe os tons e as cores.

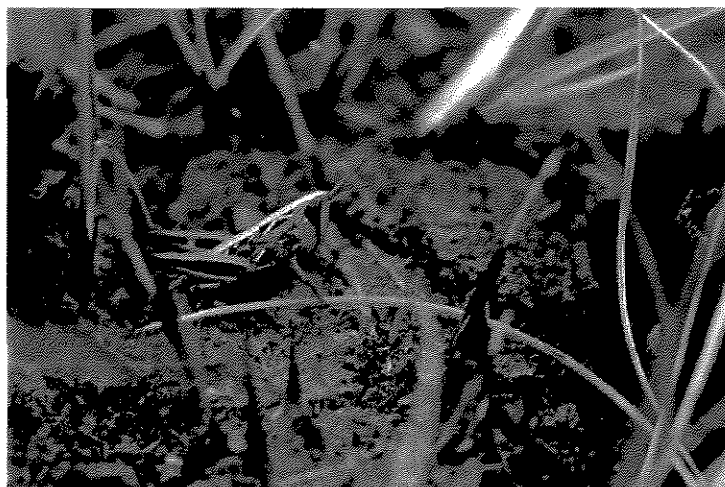
Manipulação da imagem

As ferramentas contidas no *software* de captura atuaram no momento da varredura para uma aproximação da imagem “ideal”. No entanto, estas ferramentas não possibilitaram as diversas alterações sugeridas neste trabalho.

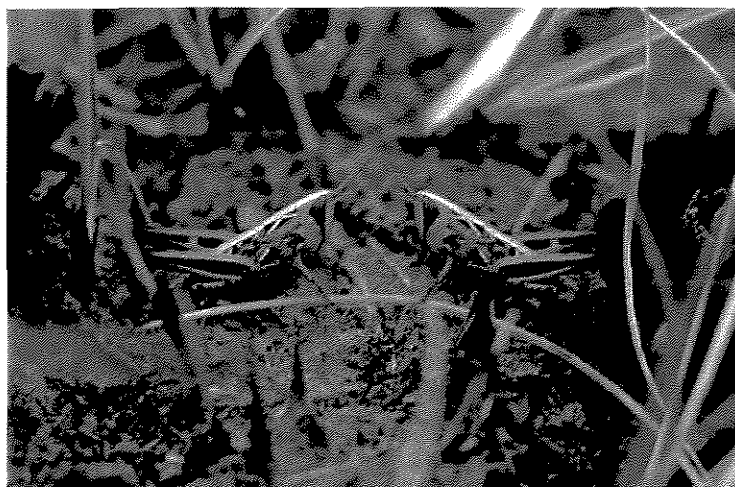
O *software* de manipulação “Aldus Photo Styler” possibilitou gerar as chamadas “imagens secundárias” à partir das fotografias originais. Seus múltiplos recursos abriram possibilidades de manipulação de forma a reavaliar os padrões tonais, bem como montar o quadro de simulação por alterações das imagens (Veja figura 10).

Das diversas ferramentas disponíveis foram ressaltadas as que favoreceram as possibilidades acima citadas como: **Balanco de Cores** - utilizado para corrigir tons como um filtro, (aplicando ou removendo), baseado no padrão geral de cada imagem, à partir da varredura. Esta ferramenta foi usada para equilibrar o padrão tonal das imagens que, muitas vezes, de uma mesma seqüência, saíram alteradas. **Brilho e contraste** - utilizados para equilibrar a intensidade dos tons claros e escuros que, em vários casos, tinham tendência a se tornar escuros no processo de *scannerização*. **Contraste** é a faixa entre os tons mais claros e escuros de uma imagem. Quanto mais alto o contraste, maior o número de tons de cinza entre o preto, o branco e vice-versa. Se o contraste determina os tons, o brilho determina a intensidade destes tons.

A



B



C



Figura 10: Diferentes possibilidades de manipulação em uma fotografia digitalizada.

A - recorte da imagem original aproximando o indivíduo em *close-up*;

B - duplicação em espelho a partir da primeira imagem manipulada;

C - extração do indivíduo do local de origem e alteração nas características tonais da imagem.

Após o processo de captação e ajustes tonais, o passo seguinte foi a alteração em áreas definidas de cada imagem. Com a ferramenta de **Seleção** foi possível editar, isolar ou recortar uma porção da imagem, através de um contorno móvel, permitindo selecionar uma área definida, rotacionar, transportar ou mesmo compor uma outra imagem com fundo diferente. Os recortes foram feitos de modo irregular, não em torno do gafanhoto, mas envolvendo parte do pano de fundo. Caso contrário o contorno do animal apresentaria um corte brusco quando transportado para outro sítio da paisagem, perdendo em boa parte suas características de camuflagem.

Estas diferentes ferramentas possibilitaram alterar as imagens de forma a montar os experimentos de acordo com o planejamento previamente estipulado.

MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS

O trabalho de manipulação das imagens, fotografadas e digitalizadas, seguidos de edição, possibilitou a elaboração dos experimentos:

- **FORMAÇÃO DE IMAGEM DE PROCURA** - simulados diferentes locais de repouso de um indivíduo em seu próprio substrato;
- **EFEITO DE DENSIDADE** - densidade dos gafanhotos em seus substratos;
- **EFEITO DA DISTÂNCIA** - diferentes distâncias nas tomadas fotográficas;
- **DIVERSIDADE DE APARÊNCIAS - ALTO GRAU DE CAMUFLAGEM** – seqüência de indivíduos com alto grau de camuflagem
- **ANIMAIS VISTOSOS - EXPERIMENTO CRUZADO COM ANÚNCIO DE APARÊNCIAS** - seqüência de indivíduos com alto grau de vistosidade.

Estes experimentos se apresentaram da seguinte forma:

Experimento I - “Formação de Imagem de Procura”

Para o Experimento I, foram montadas duas seqüências I A e I B à partir de uma fotografia para cada experimento. Cada fotografia gerou cinco fotogramas⁷ para cada experimento. As imagens foram manipuladas de forma a mudar o indivíduo em diferentes regiões do mesmo substrato. O experimento foi montado de forma que as quatro imagens iniciais, manipuladas a partir de uma mesma fotografia, mantivessem o mesmo padrão de coloração e textura. O quinto fotograma foi invertido da seqüência I A para I B e vice-versa, mudando desta forma o pano de fundo da última imagem de cada seqüência. (Veja figura 11)

Cada observador avaliou uma seqüência, num montante de 20 observadores para o experimento I A e 20 para o experimento I B.

⁷ Aqui denominou-se fotogramas as imagens de segunda geração, escaneadas e manipuladas, que formaram os experimentos.

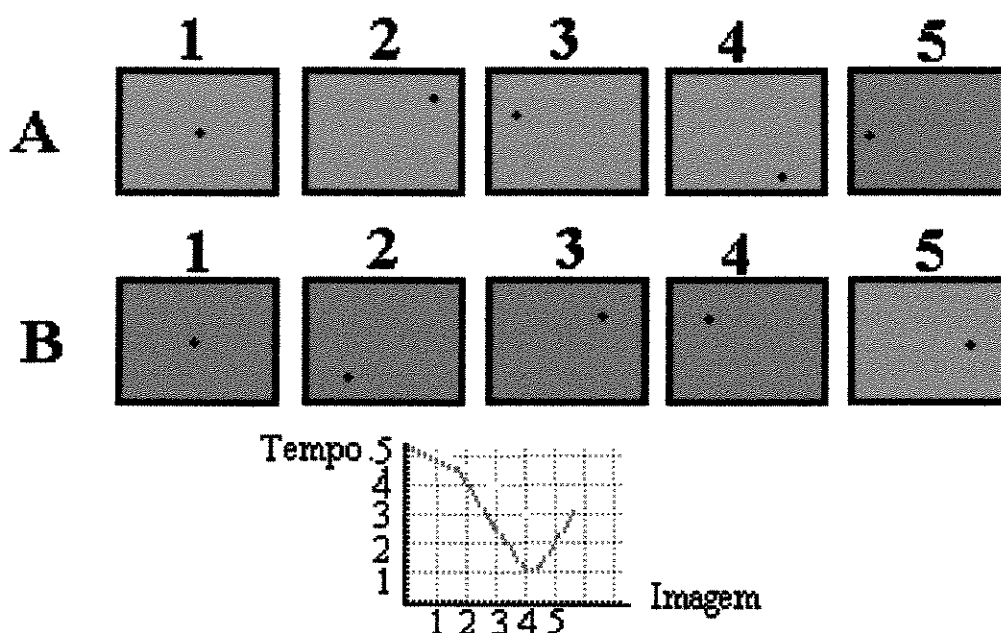


Figura 11: Diagrama das seqüências experimentais I A e I B. A partir de uma fotografia o gafanhoto foi manipulado de forma a permanecer no mesmo substrato, mas em sítios diferentes, para as imagens 1, 2, 3 e 4. As imagens 5 foram invertidas de um experimento para o outro de forma a mudar a estampa do pano de fundo no momento da apresentação. Abaixo, um gráfico representando os resultados esperados para os experimentos.

Com a apresentação dos fotogramas 1 a 4 esperou-se uma curva descendente em relação ao tempo de detecção devido à formação de imagem de procura. Com a apresentação do fotograma 5 o tempo deveria voltar ao nível das imagens anteriores apresentando uma curva crescente, devido a quebra da imagem de procura ocasionado por um padrão novamente desconhecido.

Experimento II: “Efeito de Densidade”

Os experimentos II A e II B foram montados à partir do primeiro fotograma dos experimentos I A e I B. As imagens foram manipuladas de forma a aumentar gradativamente a densidade dos indivíduos em seus respectivos substratos. Este aumento de densidade se deu na ordem de 1, 2, 3 e 5 presas respectivamente em cada fotograma.

Cada observador avaliou uma única imagem, formando quatro grupos de 20 pessoas para o experimento II A e outros quatro grupos para o experimento II B. Os dados das duas primeiras imagens dos experimentos I A e I B foram repetidos para as primeiras imagens deste experimento pois, igualmente ao experimento anterior, o observador estava olhando pela primeira vez aquela imagem. Desta forma procurou-se evitar um esforço desnecessário repetindo a apresentação de imagens idênticas para outro grupo experimental.

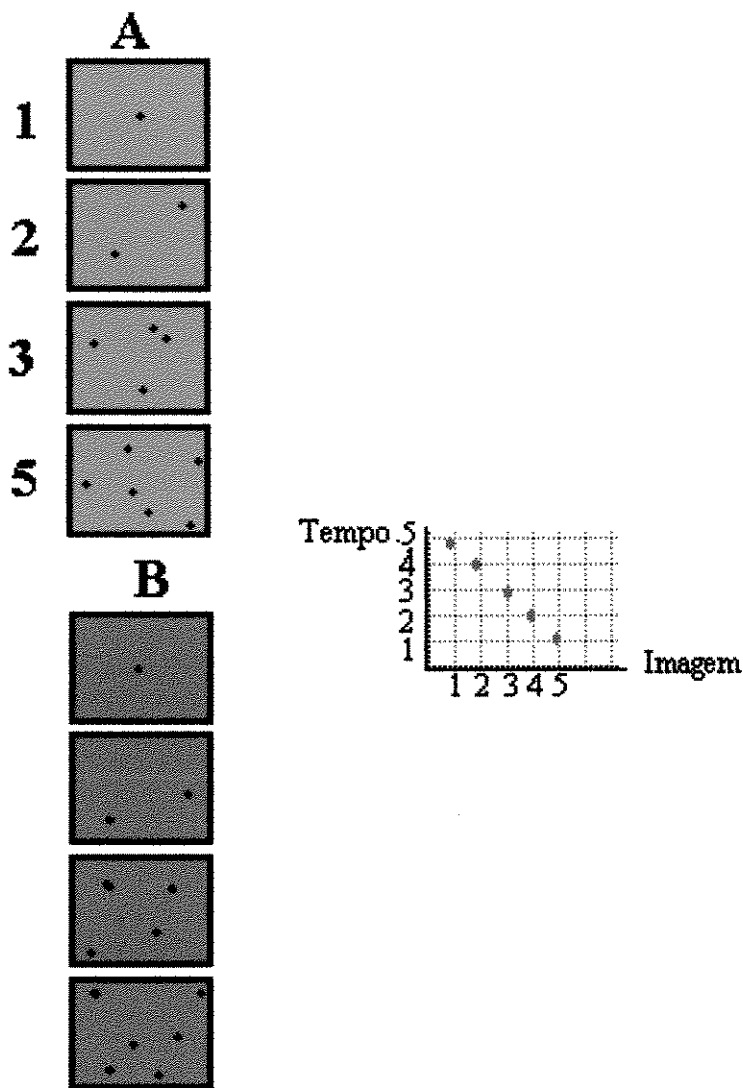


Figura 12: Diagrama das seqüências experimentais II A e II B onde os gafanhotos foram manipulados de forma a permanecerem no mesmo pano de fundo, aumentando a densidade na proporção: 1, 2, 3 e 5. Ao lado o gráfico representando os resultados esperados.

Neste caso espera-se avaliar como a densidade dos indivíduos responde em relação ao tempo de localização da presa. A teoria rege que quanto maior a densidade, menor o tempo de localização, consequentemente uma relação negativa entre o tempo de localização e densidade da presa.

Experimento III: “Efeito da Distância”

Os experimentos III A e III B foram compostos por três imagens à partir de fotografias de um mesmo indivíduo mas, com distâncias diferentes. Estas distâncias variaram aproximadamente entre 0,35cm, 0,80cm e 1,5m. Os fotogramas foram avaliados por três conjuntos distintos de observadores num total de vinte pessoas para cada grupo.

Cada observador avaliou apenas uma imagem.

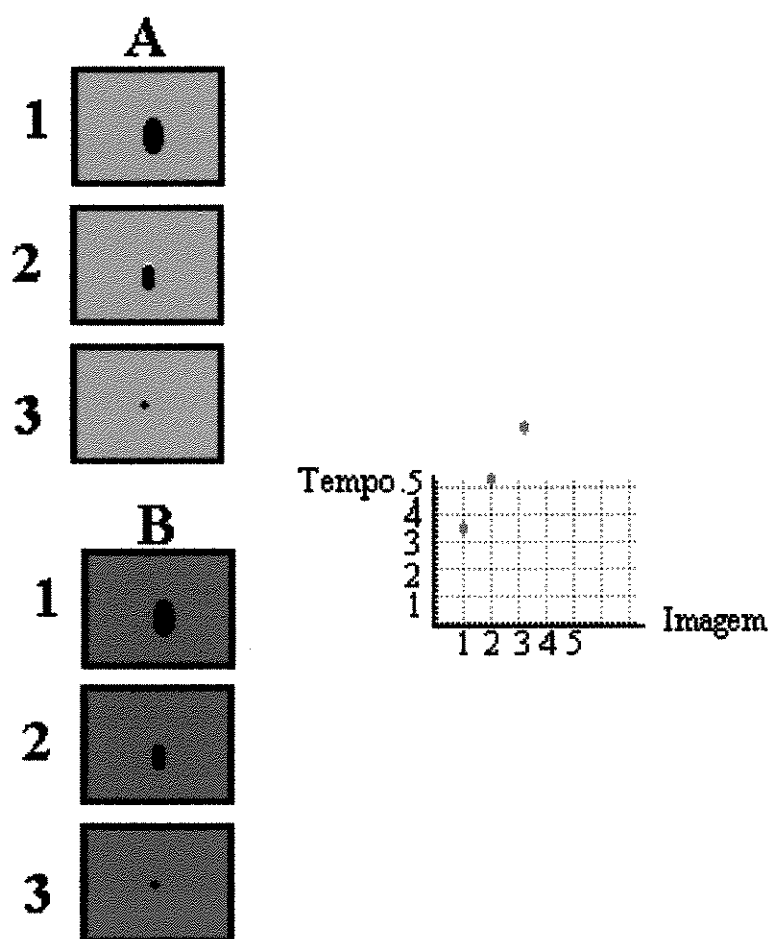


Figura 13: Diagrama das imagens dos experimentos III A e III B. Em ambos os experimentos os gafanhotos foram fotografados em sequência num mesmo substrato à distâncias aproximadas de 1,50 metros; 0,80 e 0,35 centímetros. Ao lado o gráfico representando os resultados esperados.

A proposta neste caso foi avaliar indiretamente a acuidade visual de cada observador, demonstrando a importância desta em relação à predação. Espera-se que o tempo de detecção aumente com a distância e diminua com a aproximação. Portanto a relação entre tempo de localização e distância (da menor para maior) apresenta-se positiva.

EXPERIMENTO IV: “DIVERSIDADE DE APARÊNCIAS - ALTO GRAU DE CAMUFLAGEM”

As fotografias do experimento IV apresentaram um alto valor críptico apesar de aproximações maiores do que as apresentadas nas imagens dos experimentos I e II. A seqüência foi montada com sete fotogramas contendo panos de fundo bastante diversificados de um para o outro. O alto nível de camuflagem associado aos diferentes padrões de aparência de indivíduos e substrato em cada um dos fotogramas, deveriam resultar em um alto grau de dificuldade de percepção em cada imagem. Cada observador avaliou toda a seqüência de fotogramas.

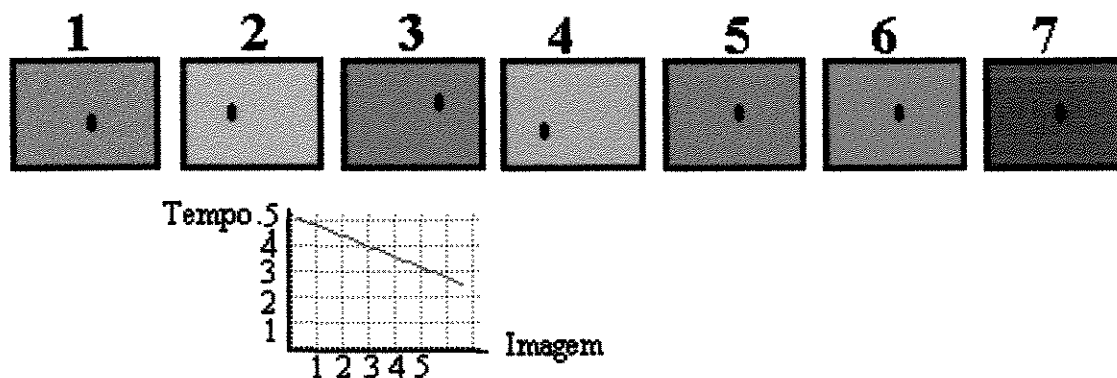


Figura 14: Diagrama da seqüência do experimento IV. Cada imagem apresentou um pano de fundo diferente com gafanhotos a distâncias aproximadas de 40 cm, porém, com alto nível de camuflagem. Abaixo o gráfico representando os resultados esperados.

Neste caso testam-se as conseqüências do impacto da predação sobre a evolução de diferentes aparências, seja em polimorfismo dentro da espécie ou diversidade de aparências entre espécies, com o objetivo de evitar o efeito da formação de imagem de procura. Espera-se que o tempo de detecção apresente tendência à ser elevado devido ao alto grau de dificuldade e semelhança entre as imagens em função da não formação de imagem de procura.

Experimento V: “Animais Vistosos: Experimento Cruzado com Anúncio de Aparências”

Esta série mostra a sequência de fotogramas do experimento IV manipulados de forma que o indivíduo passasse da condição críptica para vistosa contrastando com o pano de fundo (coloração conspícua ou inadequados ao substrato para camuflagem). Cada observador avaliou toda a sequência de imagens.

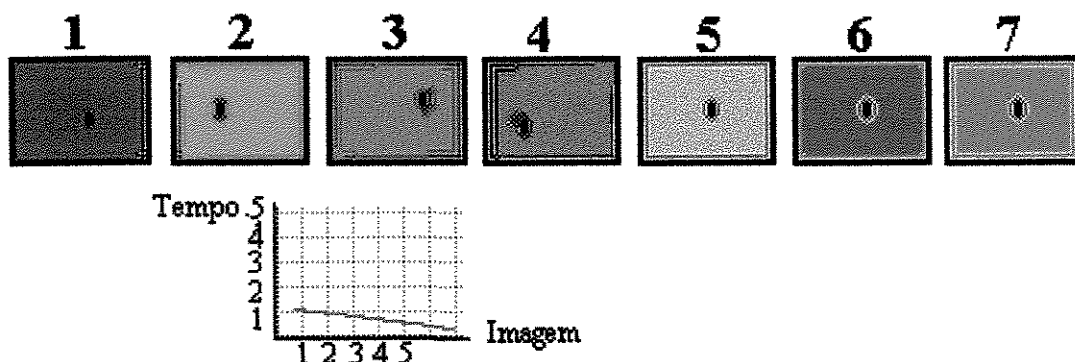


Figura 15: Diagrama da sequência do experimento V. Cada fotografia apresentou um pano de fundo diferente com gafanhotos a distâncias aproximadas de 40 cm, porém as imagens foram manipuladas de forma a tornarem os gafanhotos vistosos. Abaixo o gráfico representando os resultados esperados.

Neste caso a localização deve ser prontamente conseguida, uma vez que animais aposemáticos são selecionados para se anunciar. De modo semelhante pode-se dizer que animais com coloração conspícua em relação ao substrato não se confundem com o pano de fundo no caso de uma escolha errônea do local de repouso para camuflagem. Espera-se que o tempo de detecção da presa seja baixo e ainda assim, caia ligeiramente presa após presa. Comparando-se a taxa de predação com o experimento anterior o resultado deve ser oposto, podendo ocorrer declínio e angulação semelhantes devido a facilidade de encontro.

TESTE DE INVESTIGAÇÃO VISUAL

As imagens foram apresentadas a diferentes grupos de pessoas num processo sistemático de arguição, de forma a possibilitar a detecção e/ou identificação das presas. As entrevistas foram individuais e cada pessoa deveria observar uma ou uma sequência de imagens dependendo do experimento. Antes de iniciar a entrevista, cada observador assinou um termo de responsabilidade comprometendo-se a não divulgar ou mesmo comentar com qualquer outra sobre o que foi visto.

Foi montado um pequeno *box* protegido por biombos em corredores do Instituto de Biologia e do Instituto de Artes da Universidade. As pessoas eram convidadas aleatoriamente a participar do experimento contribuindo com uma dissertação de mestrado. Os observadores eram então posicionados em frente a um monitor de 15 polegadas a uma distância aproximada de 1,0m com limite máximo de 6 minutos para detecção de algum animal em cada imagem. Não houve informação adicional além das que estavam na tela do computador antecedendo cada conjunto ou unidade experimental.

A primeira tela se apresentava da seguinte forma:

“Você está participando de um trabalho de investigação.”

“Seja bem vindo ao nosso experimento!”

“Por favor, não conte a outras pessoas o que você verá.”

Numa segunda tela:

“Imagine que você seja um predador generalista, que come diversos animais, e está procurando por alimento.”

“Nas próximas imagens vamos apresentar um lugar onde há um ou mais animais.”

“Assim que localizar o primeiro, aponte e diga o que está vendo. “

Desta forma o observador iniciava a busca de um animal qualquer. A partir da primeira imagem, caso o observador o encontrasse, era instruído para apontá-lo. Ele deveria localizar e apontar as presenças, o que equivaleria a captura da presa, porém não seria necessário identificar o animal. Caso não o encontrasse, o animal

era apontado a partir do tempo limite (6') para que ele pudesse prosseguir na busca, mesmo assim, não era identificado, ou mesmo informado sobre o tipo de animal que seria apresentado nas próximas telas. Não havendo identificação, os observadores eram informados apenas no final de cada experimento de qual animal se tratava. No intervalo entre as imagens uma tela negra foi apresentada para “descansar” a visão e evitar possíveis interferências visuais.

Nos experimentos I A e I B, IV e V, os grupos experimentais observaram toda a sequência. Nestas imagens esperava-se poder avaliar a formação e a quebra da formação da imagem de procura respectivamente para os experimentos I A e B, alto e baixo graus de detecção para os experimentos IV e V. Nos experimentos II A e II B e III A e III B cada grupo observou uma única imagem, de onde esperou-se poder avaliar indiretamente a percepção e a acuidade visual.

Registrou-se o tempo de detecção em cada imagem obedecendo a esta sistemática de arguição para posterior análise estatística dos resultados obtidos na pesquisa.

MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Para cada experimento foi verificada a homogeneidade de variância das médias dos tempos de localização de presas nas diferentes

imagens apresentadas; para decidir entre a aplicação de um teste paramétrico de comparação de médias, pelo processo ANOVA, ou não paramétrico, por Kruskal-Wallis (Zar, 1984).

Nos experimentos II B e III B as variâncias foram homogêneas, sendo aplicado diretamente a ANOVA. Nos demais experimentos os dados foram transformados em logarítmos (Ln) para normalização e aplicados o teste de homogeneidade das variâncias Least Significance Difference (LSD). Este teste detectou com maior precisão e poder quando houve alguma evidência de diferença entre alguns dos tratamentos.

Com esta transformação os experimentos I A, II A, III A e IV alcançaram a homocedasticidade dos dados, sendo aplicado a ANOVA para comparação das médias. Mesmo com a transformação logarítmica os experimentos I B e V não tiveram as variâncias das médias homogêneas. Neste caso optou-se pelo teste não paramétrico de comparação de médias, Kruskal Wallis.

Nas comparações entre os experimentos I A vs. I B e IV vs. V foram usados o teste não paramétrico Mann-Whitney U-Test por não obedecerem critérios de variância e normalidade.

IV

RESULTADOS

APRESENTAÇÃO IMAGÉTICA

Experimento I A: “Formação de Imagem de Procura”

(ver inserção 71 _{A1 - A8} superior)

Experimento I B: “Formação de Imagem de Procura”

(ver inserção 71 _{B1 - B8} inferior)

**Você está participando de um trabalho de
investigação.**

Seja bem vindo ao nosso experimento!

**Por favor, não conte a outras pessoas
o que você verá.**

71 A1

**Você está participando de um trabalho de
investigação.**

Seja bem vindo ao nosso experimento!

**Por favor, não conte a outras pessoas
o que você verá.**

71 B1

**Imagine que você seja um predador generalista,
que come diversos animais, e está procurando
por alimento.**

**Nas próximas imagens vamos apresentar um
lugar onde há um ou mais animais.**

**Assim que localizar o primeiro, aponte e diga
o que está vendo.**

71 A 2

**Imagine que você seja um predador generalista,
que come diversos animais, e está procurando por
alimento.**

**Nas próximas imagens vamos apresentar um lugar
onde há um ou mais animais.**

**Assim que localizar o primeiro, aponte e diga o
que está vendo.**

71 B 2











Experimento II A: “Efeito de Densidade”

(ver inserção 72 _{A1 - A7} superior)

Experimento II B: “Efeito de Densidade”

(ver inserção 72 _{B1 - B7} inferior)

**Você está participando de um trabalho de
investigação.**

Seja bem vindo ao nosso experimento!

**Por favor, não conte a outras pessoas
o que você verá.**

72 A1

**Você está participando de um trabalho de
investigação.**

Seja bem vindo ao nosso experimento!

**Por favor, não conte a outras pessoas
o que você verá.**

72 B1

**Imagine que você seja um predador generalista,
que come diversos animais, e está procurando
por alimento.**

**Nas próximas imagens vamos apresentar um
lugar onde há um ou mais animais.**

**Assim que localizar o primeiro, aponte e diga
o que está vendo.**

72 A 2

**Imagine que você seja um predador generalista,
que come diversos animais, e está procurando por
alimento.**

**Nas próximas imagens vamos apresentar um lugar
onde há um ou mais animais.**

**Assim que localizar o primeiro, aponte e diga o
que está vendo.**

72 B 2









Muito obrigada por sua participação.

Você foi muito gentil!

72 A 7

Muito obrigada por sua participação.

Você foi muito gentil!

72 B 7

Experimento III A: “Efeito da Distância”

(ver inserção 73 A1 - A6 superior)

Experimento III B: “Efeito da Distância”

(ver inserção 73 B1 - B6 inferior)

**Você está participando de um trabalho de
investigação.**

Seja bem vindo ao nosso experimento!

**Por favor, não conte a outras pessoas
o que você verá.**

73 A1

**Você está participando de um trabalho de
investigação.**

Seja bem vindo ao nosso experimento!

**Por favor, não conte a outras pessoas
o que você verá.**

73 B1

**Imagine que você seja um predador generalista,
que come diversos animais, e está procurando
por alimento.**

**Nas próximas imagens vamos apresentar um
lugar onde há um ou mais animais.**

**Assim que localizar o primeiro, aponte e diga
o que está vendo.**

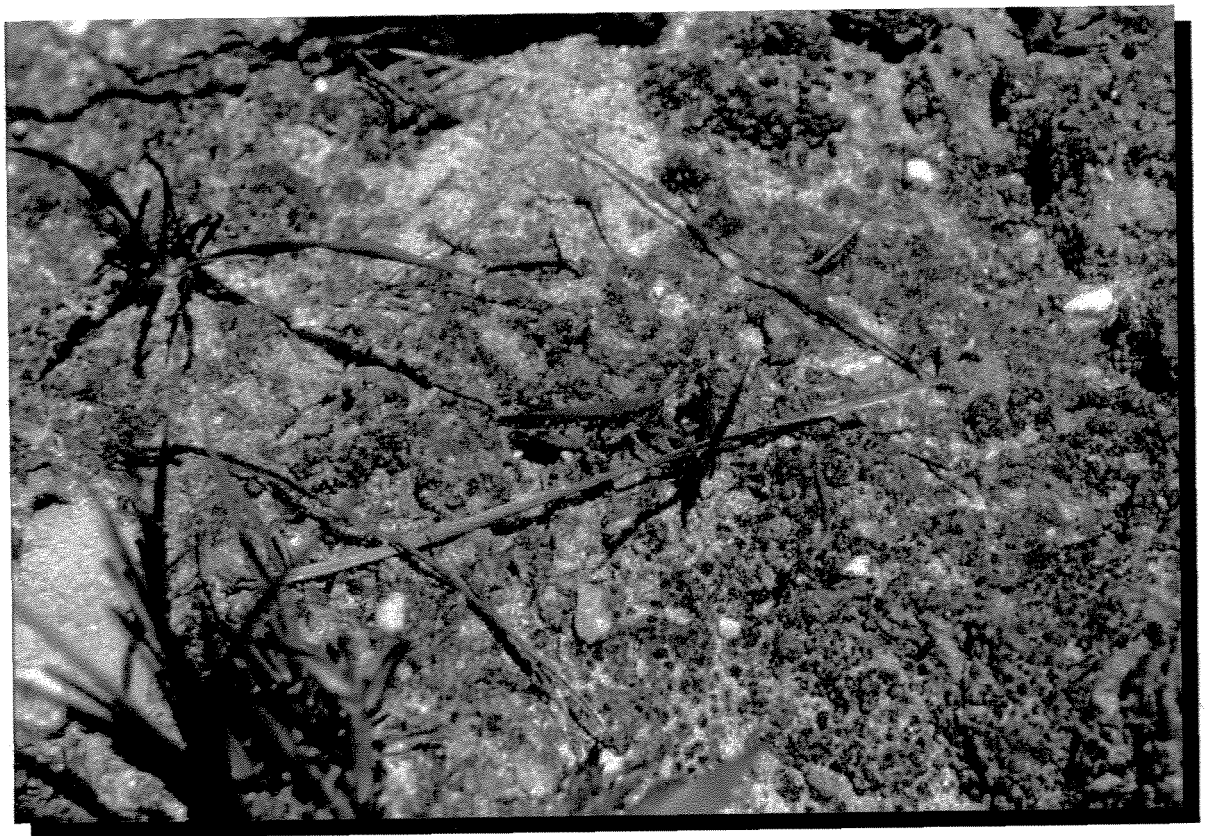
73 A 2

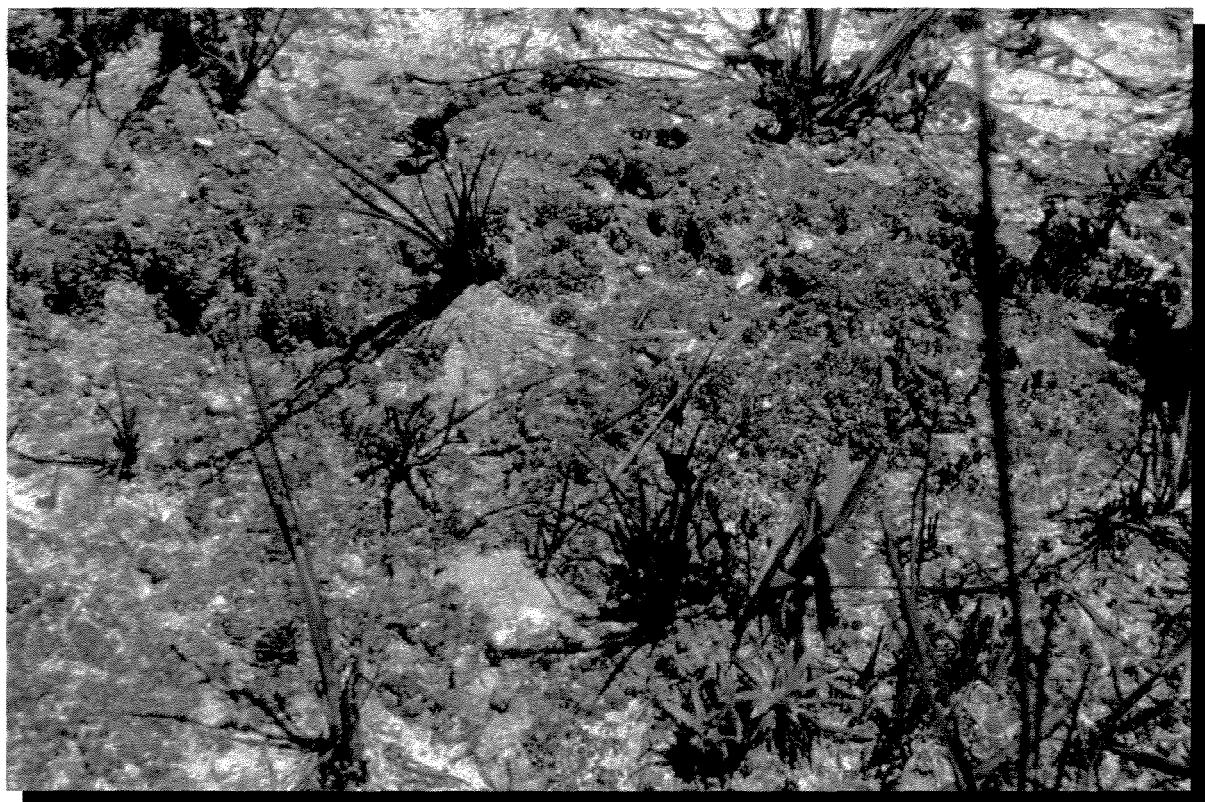
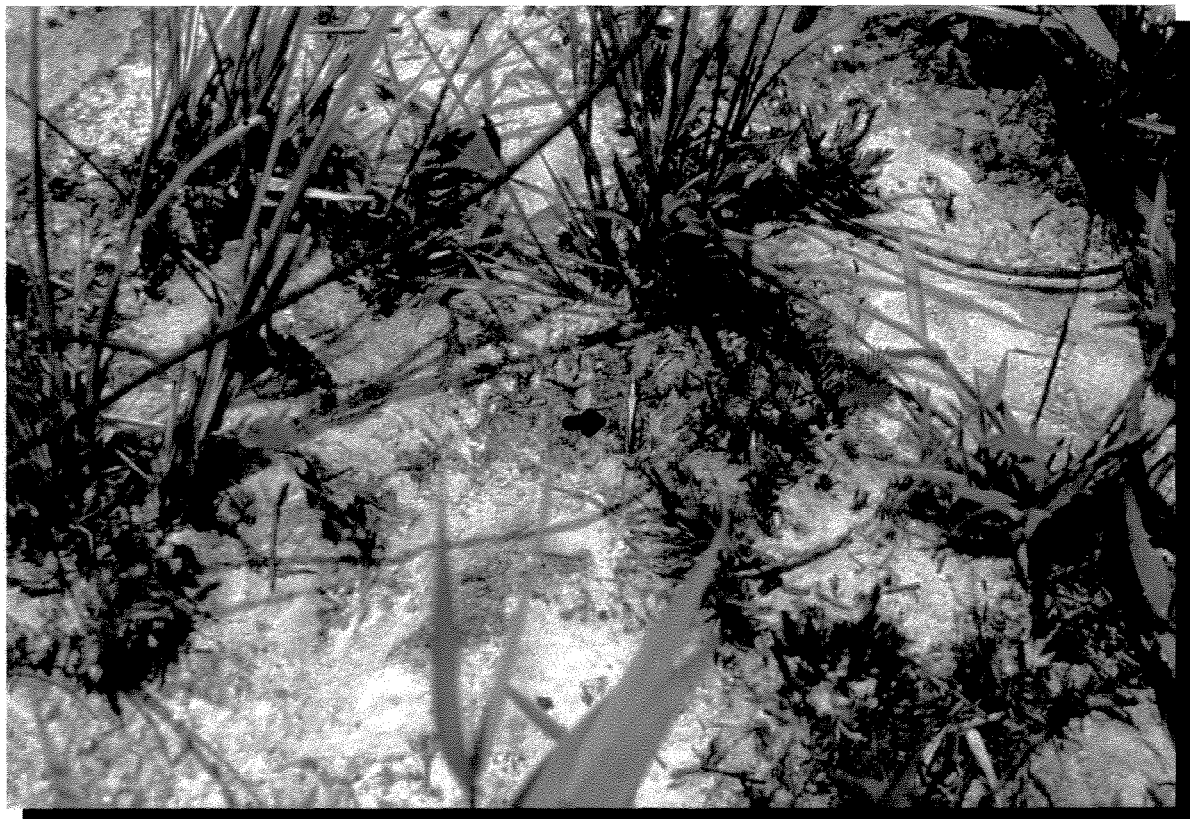
**Imagine que você seja um predador generalista,
que come diversos animais, e está procurando por
alimento.**

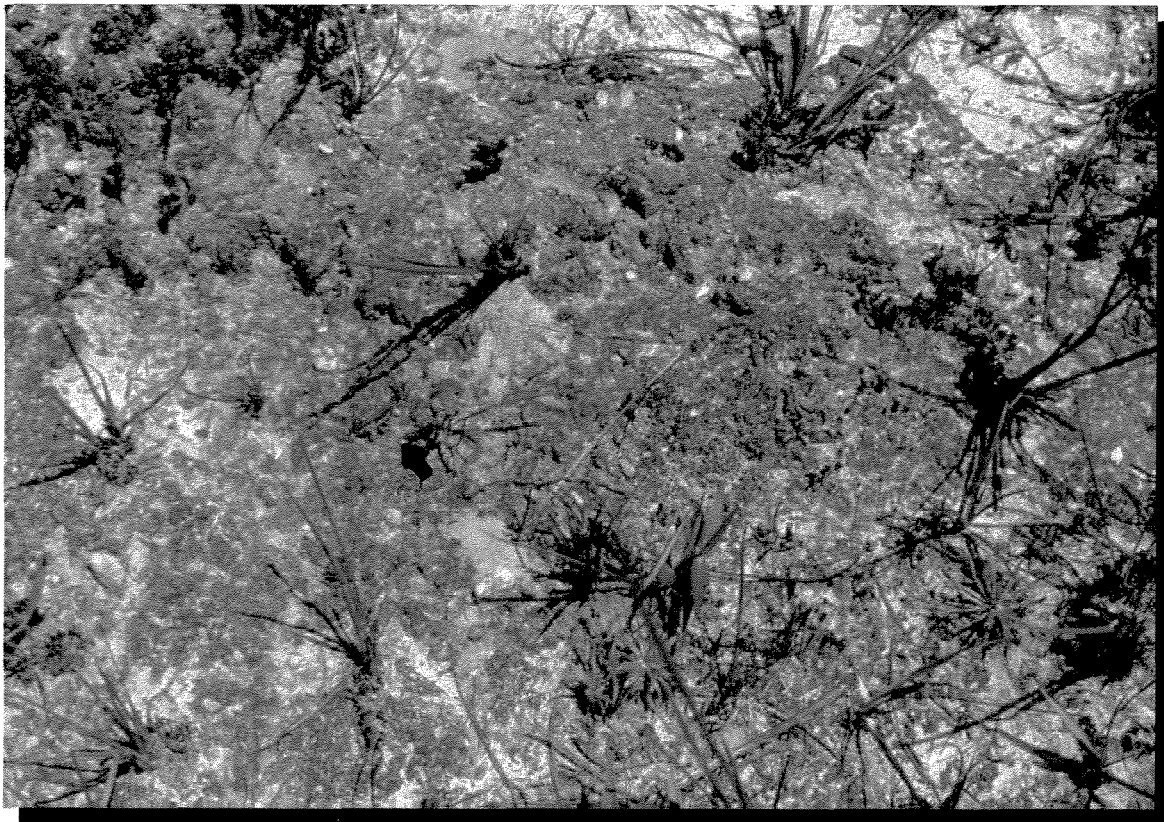
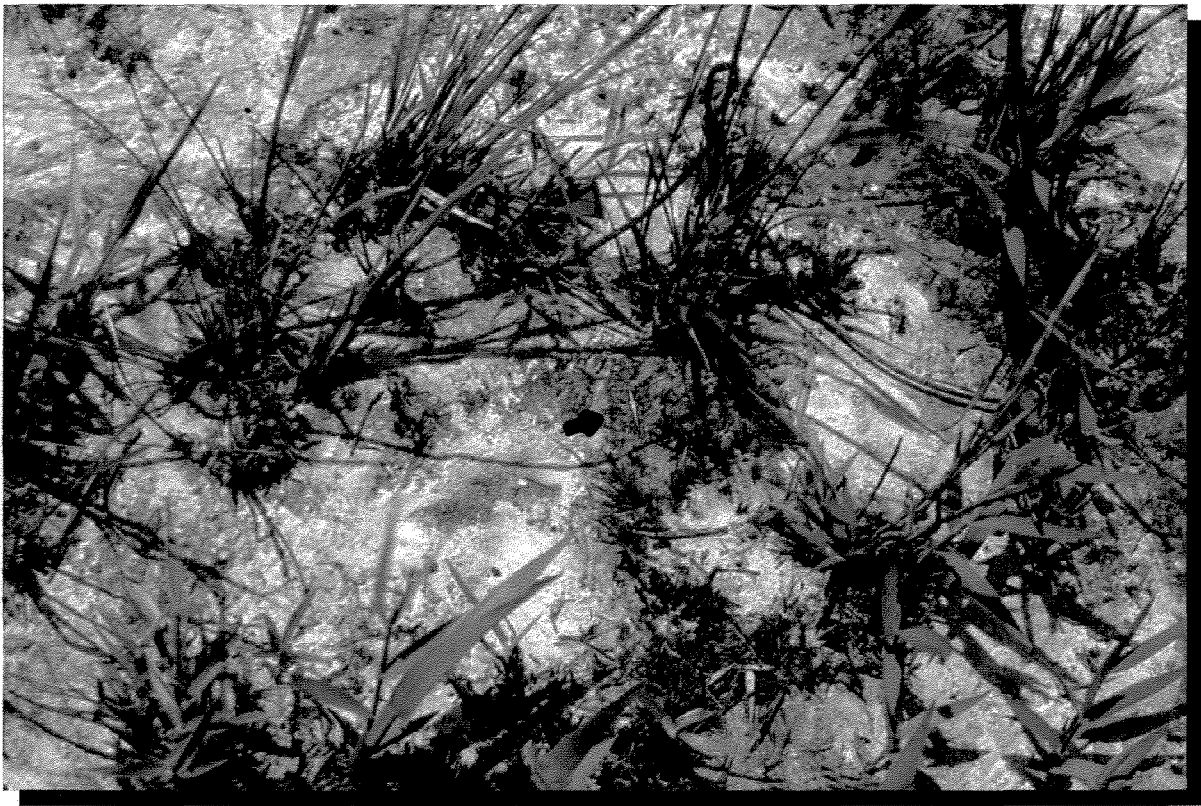
**Nas próximas imagens vamos apresentar um lugar
onde há um ou mais animais.**

**Assim que localizar o primeiro, aponte e diga o
que está vendo.**

73 B 2







Muito obrigada por sua participação.

Você foi muito gentil!

73 A6

Muito obrigada por sua participação.

Você foi muito gentil!

73 B6

Experimento IV: “Diversidade de Aparência: alto grau de camuflagem ”

(ver inserção 74 _{A1 - A10} superior)

Experimento V: “Animais Vistosos: experimento cruzado com anúncio de aparências”

(ver inserção 74 _{B1 - B10} inferior)

**Você está participando de um trabalho de
investigação.**

Seja bem vindo ao nosso experimento!

**Por favor, não conte a outras pessoas
o que você verá.**

74 A1

**Você está participando de um trabalho de
investigação.**

Seja bem vindo ao nosso experimento!

**Por favor, não conte a outras pessoas
o que você verá.**

74 B1

**Imagine que você seja um predador generalista,
que come diversos animais, e está procurando
por alimento.**

**Nas próximas imagens vamos apresentar um
lugar onde há um ou mais animais.**

**Assim que localizar o primeiro, aponte e diga
o que está vendo.**

74 A 2

**Imagine que você seja um predador generalista,
que come diversos animais, e está procurando por
alimento.**

**Nas próximas imagens vamos apresentar um lugar
onde há um ou mais animais.**

**Assim que localizar o primeiro, aponte e diga o
que está vendo.**

74 B 2















Muito obrigada por sua participação.

Você foi muito gentil!

74 A 10

Muito obrigada por sua participação.

Você foi muito gentil!

74 B 10

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO ESTATÍSTICA

Experimento I - “Formação de Imagem de Procura”

Nos experimentos I A e I B cada observador avaliou a seqüência de imagens e o esperado teoricamente seria a redução do tempo de localização da presa à medida que se formou uma imagem de procura nas quatro primeiras imagens de ambos experimentos. Inicialmente, o “predador” não tinha conhecimento exato do que procurar, sabia apenas que deveria haver um ou mais animal na paisagem. Com a substituição da paisagem e da presa na última imagem dos experimentos, esperava-se um aumento no tempo de localização.

Experimento I A

Neste experimento o tempo de localização da presa foi em média $134,6 \pm 114,8$ segundos para a imagem 1. Nas imagens subseqüentes, o tempo de localização da presa caiu acentuadamente, sendo as médias consideradas estatisticamente diferentes. A quinta imagem apresentada mostrou um pano de fundo (background) diferente assim como o padrão de coloração do gafanhoto. O tempo médio de localização da presa, quase triplicou, sendo estatisticamente diferente do anterior, o que vem demonstrar a quebra de formação de imagem de procura (Ver Tabelas 1, 2 3 e Figura 16).

Tabela 1: Tempo de localização da presa (em segundos) nas diferentes imagens apresentadas no experimento (I A), para verificação da formação de imagem de procura.

IMAGENS	$\bar{x} \pm s$	MIN. - MÁX	N
1 A	134,62 \pm 114,82	7,76 - 360	20
2 A	41,51 \pm 86,82	3,79 - 327,13	20
3 A	7,11 \pm 6,97	1,82 - 33,20	20
4 A	3,16 \pm 1,54	1,09 - 6,24	20
5 A (1B)	8,03 \pm 10,69	1,60 - 49,85	20

Tabela 2: Análise de variância: Comparação das médias dos tempos de localização da presa no experimento I A, com valores transformados por Ln.

FONTE	DF	SS	MS	F	P
IMAGEM	4	141,58	35,39	40,42	0,0001
ERRO	95	83,18	0,87		
TOTAL	99	224,77			

Tabela 3: Teste de LSD - Last Significance Difference - referente às 5 imagens para comparação dos tempos de localização da presa nos experimento I A para $p < 0.05$, onde * é estatisticamente significativa e n.s, não significativa.

IMAGENS	1 A	2 A	3 A	4 A
2 A	*			
3 A	*	*		
4 A	*	*	*	
5 A	*	*	N.S	*

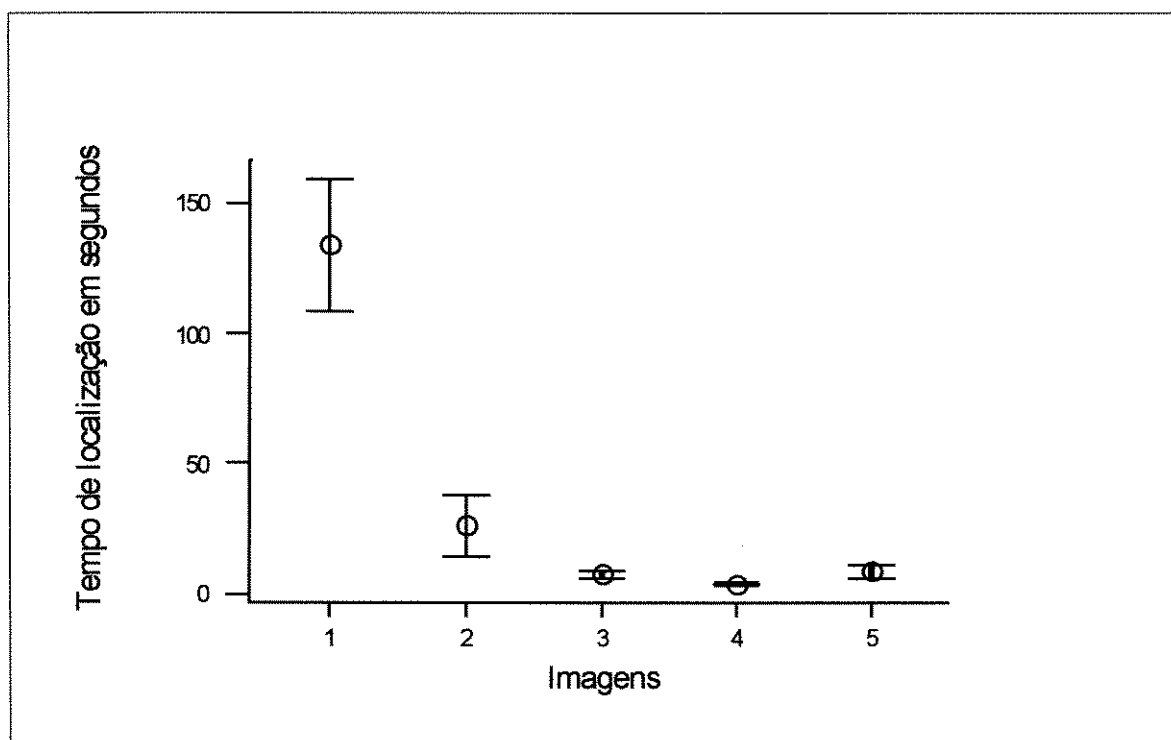


Figura 16 : Tempo (em segundos) de localização de presas no experimento I A, em formação de imagem de procura.

Experimento I B

O tempo médio de localização de presas foi de $103,43 \pm 130,89$ segundos para a imagem 1, sendo considerada significativamente diferente da segunda, da terceira e da quarta. Houve um decréscimo consecutivo em relação à média dos tempos nas imagens 2, 3 e 4, porém as diferenças entre eles não foram consideradas significativas nas comparações entre as imagens 2 e 3, e 3 e 4. A quinta imagem obteve um tempo de localização considerado estatisticamente diferente em relação à quarta imagem mas não em relação à primeira imagem, o que também vem a demonstrar a quebra na formação da imagem de procura (Ver Tabelas 4, 5 e Figura 17).

Tabela 4: Tempo de localização (em segundos) da presa nas diferentes imagens apresentadas no experimento I B para verificação da formação de imagem de procura.

IMAGENS	$\bar{X} \pm S$	LIMITES	N
1 B	$103,43 \pm 130,89$	3,00 - 360	19
2 B	$6,59 \pm 5,33$	2,12 - 23,70	19
3 B	$6,16 \pm 8,66$	1,49 - 40,46	19
4 B	$3,06 \pm 2,04$	1,06 - 9,76	19
5 B (1 A)	$52,36 \pm 62,85$	4,88 - 247,59	19

Tabela 5: Teste não paramétrico (Kruskal Wallis) para comparação das médias referentes as 5 imagens do experimento I B, uma vez que as variâncias não são homogêneas para $p<0.05$ (critério de Bonferroni) onde * é estatisticamente significante e n.s, não significante.

IMAGENS	1 B	2 B	3 B	4 B
2 B	*			
3 B	*	N.S		
4 B	*	*	N.S	
5 B	N.S	*	*	*

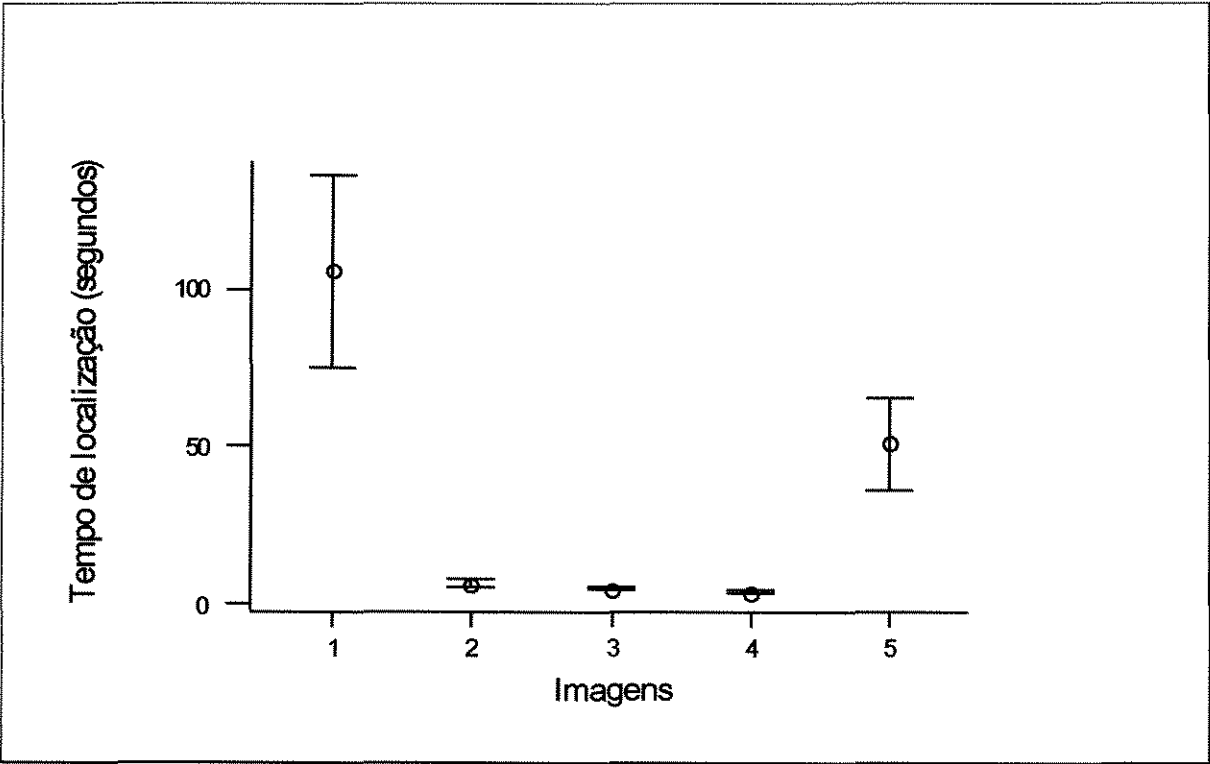


Figura 17: Tempo de localização (em segundos) de presas no experimento I B, em verificação da formação de imagem de procura.

Identificação das médias referente aos experimentos I A e I B para comparação dos tempos de localização das presas.

Tabela 6: Teste “Mann Whitney U Test ” para identificação das médias referente as imagens dos experimentos I A e B na comparação dos tempos de localização das presas.

IMAGENS	U	P	DF
1 A X 1 B	362,5	0,124	37
2 A X 2 B	458,0	0,00	37
3 A X 3 B	397,5	0,024	37
4 A X 4 B	313,5	0,599	37
5 A X 5 B	98,0	0,000	37

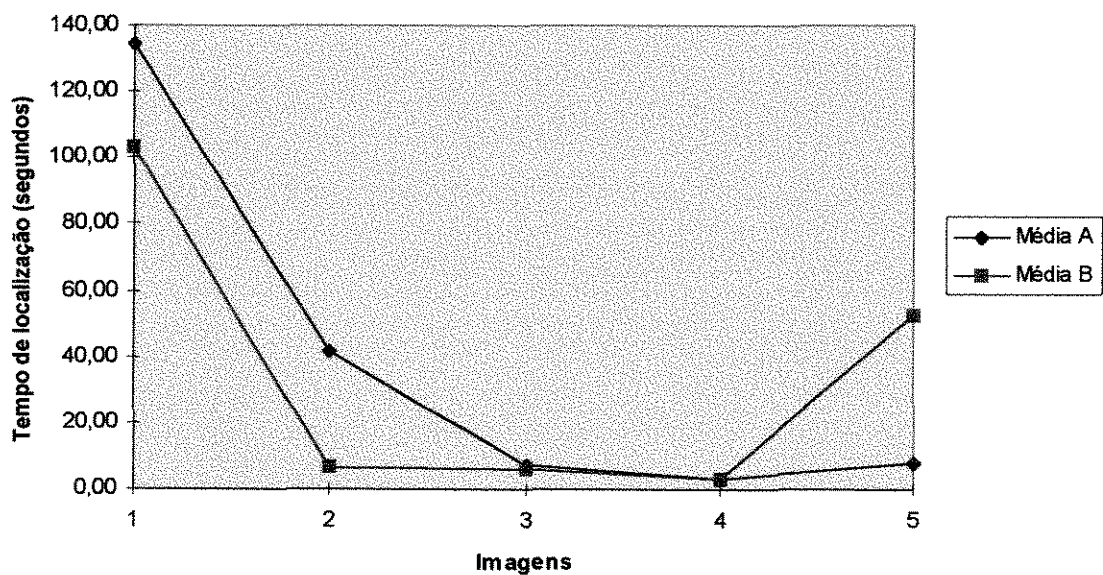


Figura 18: Tempo de localização (em segundos) das presas nos experimentos I A e I B, em formação de imagem de procura.

Os resultados obtidos nos experimentos I A e I B são coerentes com os resultados esperados pelas hipóteses da teoria de predação. Com o decréscimo em média dos tempos nas quatro imagens iniciais, pôde-se observar que houve formação de imagem de procura; com o aumento em média no tempo da imagem 5, demonstrou a quebra na formação da imagem de procura.

No entanto, comparando a média dos dois experimentos, notou-se alguma diferença em relação as imagens 5. Nos experimentos cruzados a imagem 5B foi mais eficiente na quebra de formação de imagem de procura, o que é uma boa indicação de que o animal esteja mais camuflado em relação ao experimento anterior. Acredita-se que esta diferença seja proveniente da qualidade da imagem apresentada.

Experimento II: “Efeito de Densidade”

Nos experimentos II, ao contrário dos experimentos I A e I B, cada observador pôde analisar uma única imagem. Neste experimento a regra de predação se baseou no aumento da densidade frente a diminuição do tempo de detecção. Nas imagens com densidade aumentada, a partir do primeiro encontro, os observadores deveriam detectar mais facilmente os outros indivíduos. Cabe lembrar que os dados das primeiras imagens dos experimentos II A e II B foram extraídos dos experimentos I A e I B respectivamente.

Experimento II A

O tempo de localização de presas, nos tratamentos 1, 2 e 3 não teve em média diferenças significativas e por sua vez, se apresentaram com um tempo relativamente alto de detecção. Houve um aumento em média no tempo da primeira para a segunda imagem, mas a diferença não foi considerada estatisticamente significativa. Da segunda para a terceira imagem o tempo pareceu reduzir, mas também não foi considerado significativo. Da terceira para a quarta imagem houve um decréscimo significativo no tempo de localização. Este tempo caiu abruptamente em relação a imagem 5.

Neste experimento, apenas a imagem com maior densidade justificou a regra, apresentando o menor tempo de detecção com diferença significativa em relação as imagens anteriores (Ver Tabelas 7, 8, 9 e Figura 19).

Tabela 7: Tempo de localização da presa (em segundos) das imagens apresentadas no experimento II A, para verificação do tempo dependente da densidade.

IMAGENS	DENSIDADE	$\bar{x} \pm s$	MIN. - MÁX.	N
1 A	1	134,62 ± 114,82	7,76 - 360	20
2 A	2	165,04 ± 134,20	1,05 - 360	20
3 A	3	117,90 ± 93,29	5,85 - 306,57	20
4 A	5	27,22 ± 27,06	3,95 - 115,03	20

Tabela 8: Análise de variância: Comparação das médias dos tempos de localização da presa no experimento II A, com valores transformados por Ln.

FONTE	DF	SS	MS	F	P
IMAGEM	3	31,94	10,64	7,56	0,002
ERRO	76	107,03	1,40		
TOTAL	79	138,97			

Tabela 9: Teste de LSD - Last Significance Difference - referente as 4 imagens para comparação dos tempos de localização da presa nos experimento II A para p<0.05. Entre parênteses a densidade da presa.

IMAGENS	1 A	2 A	3 A
2 A (2)	N.S		
3 A (3)	N.S	N.S	
4 A (5)	*	*	*

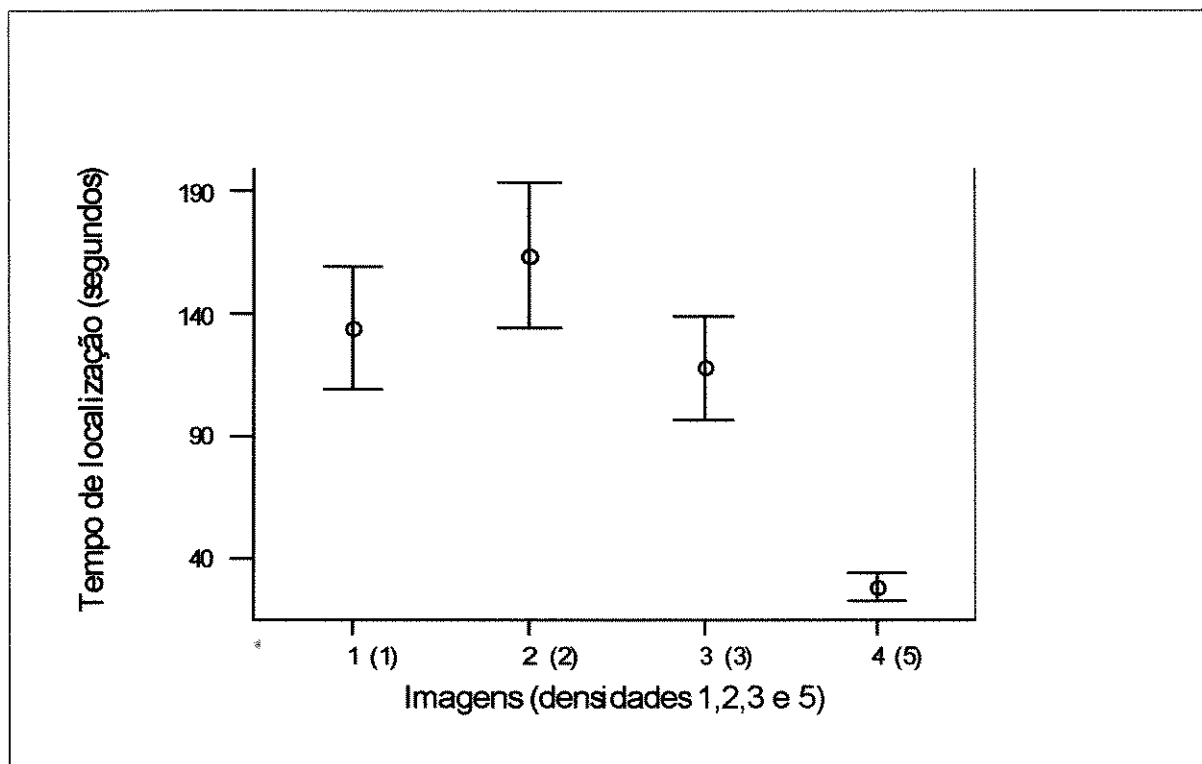


Figura 19: Tempo de localização (em segundos) de presas no experimento II A, para verificar o efeito de densidade de presas. Os números entre parênteses indicam as densidades nas imagens.

Experimento II B

No experimento II B, o tempo de localização de presas, nas imagens 1, 2 e 3 mostraram diferenças significativas entre si, apresentando um resultado não esperado. As imagens 3 e 4 não apresentaram diferenças significativas entre si, mas delas em relação as imagens 1 e 2, nas quais pôde-se detectar um decréscimo acentuado. A imagem 2 foi a única com um destaque significativo em relação às outras por manter uma média alta no tempo de detecção. O tempo das imagens 1, 3 e 4 foram considerados estatisticamente sem diferenças significativas.

Neste experimento não há um resultado estatístico considerável sobre o efeito de densidade nos tempos de detecção das presas. Há sim, uma indicação de que o animal ou os animais estejam mais ou menos camuflados (Ver Tabelas 10,11,12 e Figura 20).

Tabela 10: Tempo de localização da presa (em segundos) nas imagens apresentadas no experimento II B, para verificação do tempo dependente da densidade.

IMAGEN	DENSIDAD	$\bar{x} \pm s$	MIN. - MÁX.	N
1 B	1	103,43 \pm 130,89	3,00 - 360	20
2 B	2	183,07 \pm 137,57	18,52 - 360	20
3 B	3	56,69 \pm 76,75	2,33 - 276,74	20
4 B	5	63,87 \pm 109,54	3,00 - 360	20

Tabela 11: Análise de variância: Comparação das médias dos tempos de localização da presa no experimento II B, com valores transformados por Ln.

FONTE	DF	SS	MS	F	P
IMAGEM	3	201630,00	67210,00	4,98	0,0033
ERRO	76	1025035,90	13487,31		
TOTAL	79	1226665,90			

Tabela 12: Teste de LSD - Last Significance Difference - referente a 4 imagens para comparação dos tempos de localização da presa nos experimento II B para $p < 0.05$ onde * é estatisticamente significativa e ns, não significativa.

IMAGENS	1 B	2 B	3 B
2 B (2)	*		
3 B (3)	N.S	*	
4 B (5)	N.S	*	N.S

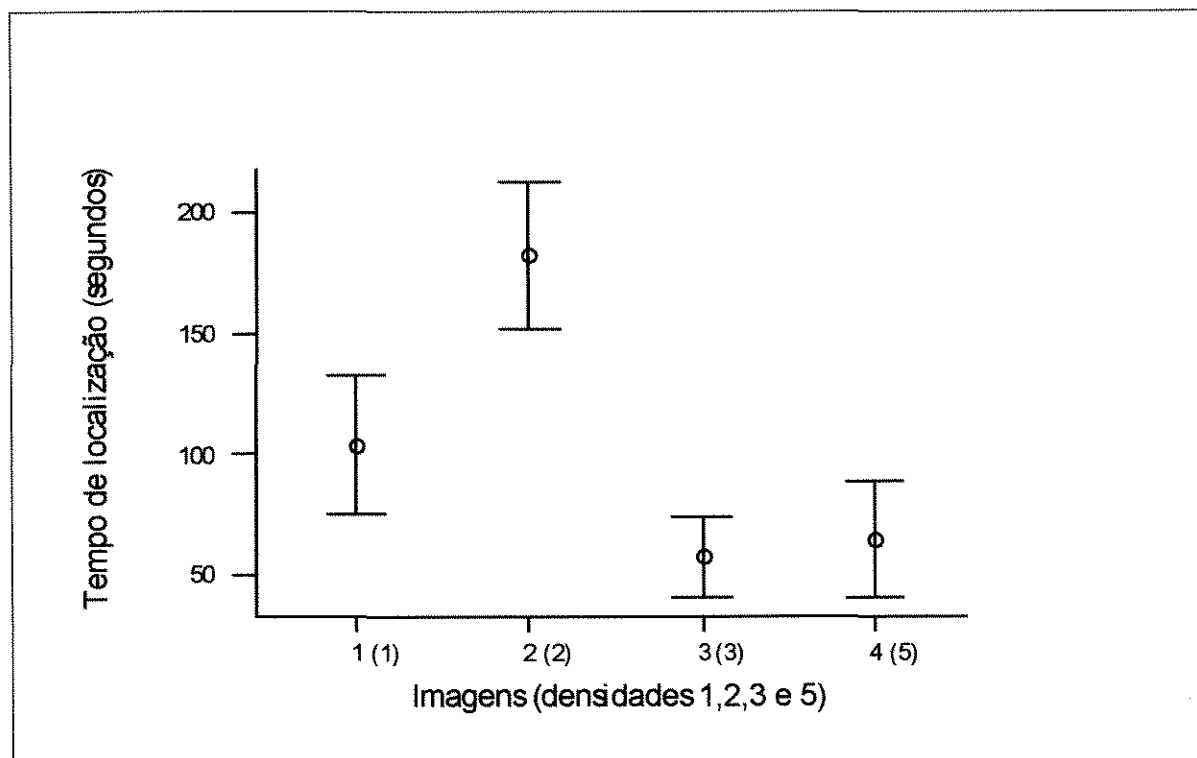


Figura 20: Tempo (em segundos) de localização de presas no experimento II B, para verificar o efeito de densidade de presas. Os números entre parênteses indicam as densidades nas imagens.

Identificação das médias referente aos experimentos II A e II B para comparação dos tempos de localização das presas.

Tabela 13: Teste “t” referente aos tratamentos de densidade nas imagens dos experimentos II A e II B para comparação dos tempos de localização das presas entre os experimentos (assumindo variâncias iguais).

IMAGENS		T	P	DF
1 A X 1 B	(1)	- 0,80	0,43	38
2 A X 2 B	(2)	0,42	0,68	38
3 A X 3 B	(3)	- 2,27	0,029	38
4 A X 4 B	(5)	1,45	0,15	38

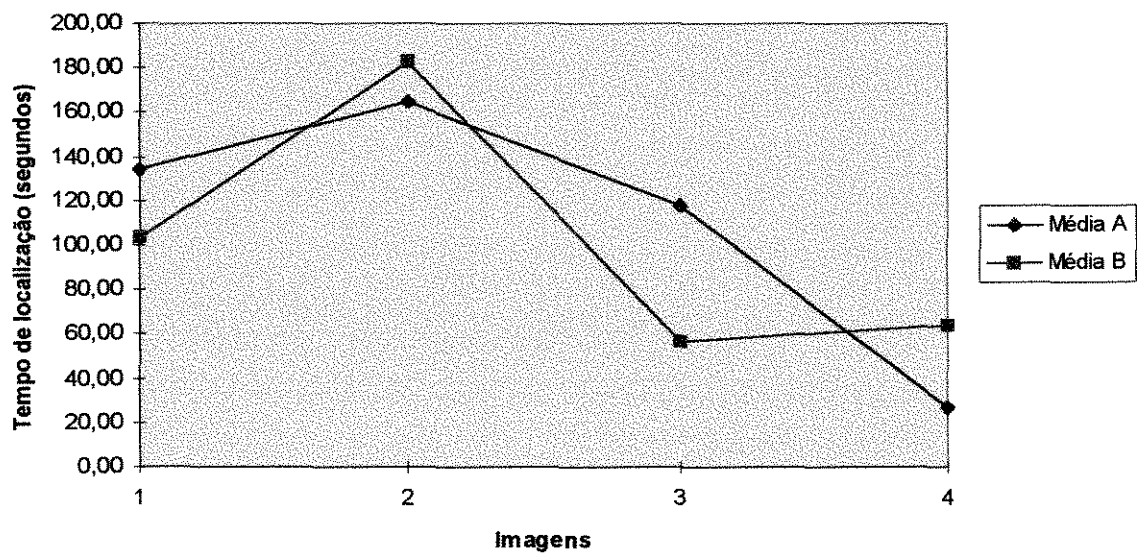


Figura 21: Tempo de localização de presas (em segundos) entre os experimento II A e II B em densidade.

Os experimentos II A e II B apresentam um comportamento similar quanto a curva de detecção e pode-se observar que o tempo de localização da presa estava vinculado a densidade de indivíduos em cada imagem. As últimas imagens de ambos os experimentos demonstraram que quanto maior a densidade, menor o tempo de

localização, conseqüentemente uma relação negativa entre o tempo de localização e densidade de presa.

A diferença entre os experimentos é significativa nas imagens 1 e 4. Isto pode ter ocorrido devido ao posicionamento centralizado dos indivíduos no experimento B em contraposição ao posicionamento periférico do experimento A. Em relação as imagens 3 a diferença de um experimento para o outro pode estar relacionada à qualidade da imagem, onde animais do experimento B estariam menos crípticos em relação ao fundo.

Experimento III - “Efeito da Distância”

Os experimentos III deveriam avaliar indiretamente a acuidade visual dos observadores. Compostos por três fotogramas com diferentes distancias, cada observador pôde analisar uma única imagem. O esperado na teoria de predação é que quanto menor a distância do indivíduo menor o tempo de detecção.

Experimento III A

Como o esperado pela teoria de predação, este experimento apresentou um aumento no tempo de detecção de presas com o aumento da distância. O tempo médio de detecção nos três grupos experimentais, foram estatisticamente diferentes (Ver Tabelas 14, 15, 16 e Figura 22).

Tabela 14: Tempo de localização da presa (em segundos) nas imagens apresentadas no experimento III A, para verificação do efeito distância.

IMAGEN	DISTÂNCIA	$\bar{x} \pm s$	MIN. - MÁX.	N
1 A	0,35 M	$21,39 \pm 35,98$	1,14 - 122,70	20
2 A	0,75 M	$129,16 \pm 127,23$	8,98 - 360	20
3 A	1,25 M	$178,12 \pm 118,80$	22,97 - 360	20

Tabela 15: Análise de variância: Comparação das médias dos tempos de localização da presa no experimento III A, com valores transformados por Ln.

FONTE	DF	SS	MS	F	P
IMAGEM	2	105,81	52,90	36,13	0,0001
ERRO	57	83,47	1,46		
TOTAL	59	189,29			

Tabela 16: Teste de LSD - Last Significance Difference - referente as 3 imagens para comparação dos tempos de localização da presa nos experimento III A para $p < 0.05$ onde * é estatisticamente significativo e n.s, não significante..

IMAGENS	1 A	2 A
2 A	*	
3 A	*	*

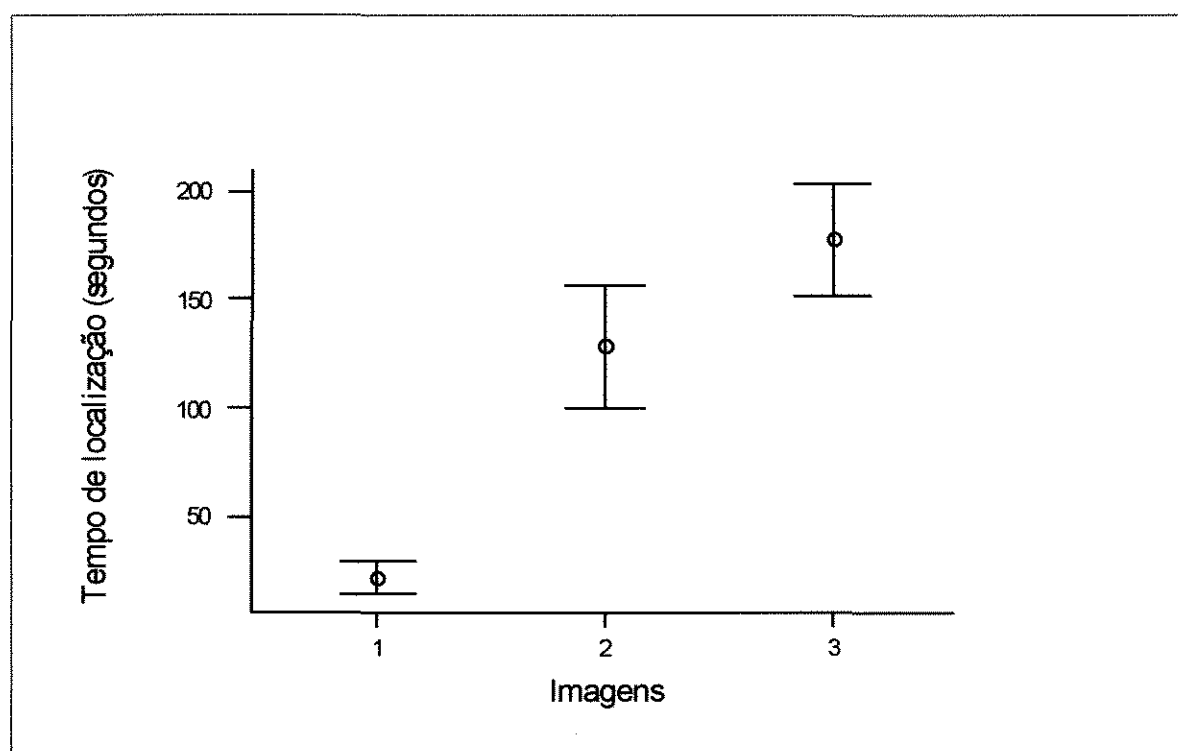


Figura 22: Tempo (em segundos) de localização de presas no experimento III A, para verificação do efeito de diferentes distâncias.

Experimento III B

Assim como no anterior, o experimento III B também apresentou crescimento no tempo de localização da presa na sequência de 1 a 3 em função do aumento da distância. A imagem 1 apresentou uma diferença significativa em relação a imagem 2, mas não da imagem 2 para a imagem 3 (Ver Tabelas 17, 18, 19 e Figura 23).

Tabela 17: Tempo de localização da presa (em segundos) nas imagens apresentadas no experimento III B, para verificação do efeito distância.

IMAGEN	DISTÂNCIA \cong	$\bar{x} \pm s$	MIN. – MÁX.	N
1 B	0,35 M	58,41 \pm 63,86	2,36 - 215,22	20
2 B	0,75 M	140,14 \pm 125,03	2,31 - 360	20
3 B	1,25 M	296,77 \pm 117,51	9,38 - 360	20

Tabela 18: Análise de variância: Comparação das médias dos tempos de localização da presa no experimento III B, com valores transformados por Ln

FONTE	DF	SS	MS	F	P
IMAGEM	2	586842,62	293421,31	26,26	0,0001
ERRO	57	636861,51	11173,00		
TOTAL	59	1223704,14			

Tabela 19: Teste de Turkey - LSD - Last Significance Difference - referente as 5 imagens para comparação dos tempos de localização da presa nos experimento I A para $p < 0.05$ onde * é estatisticamente significativo e n.s, não significativo.

IMAGENS	1B	2 B
2 B	*	
3 B	*	N.S

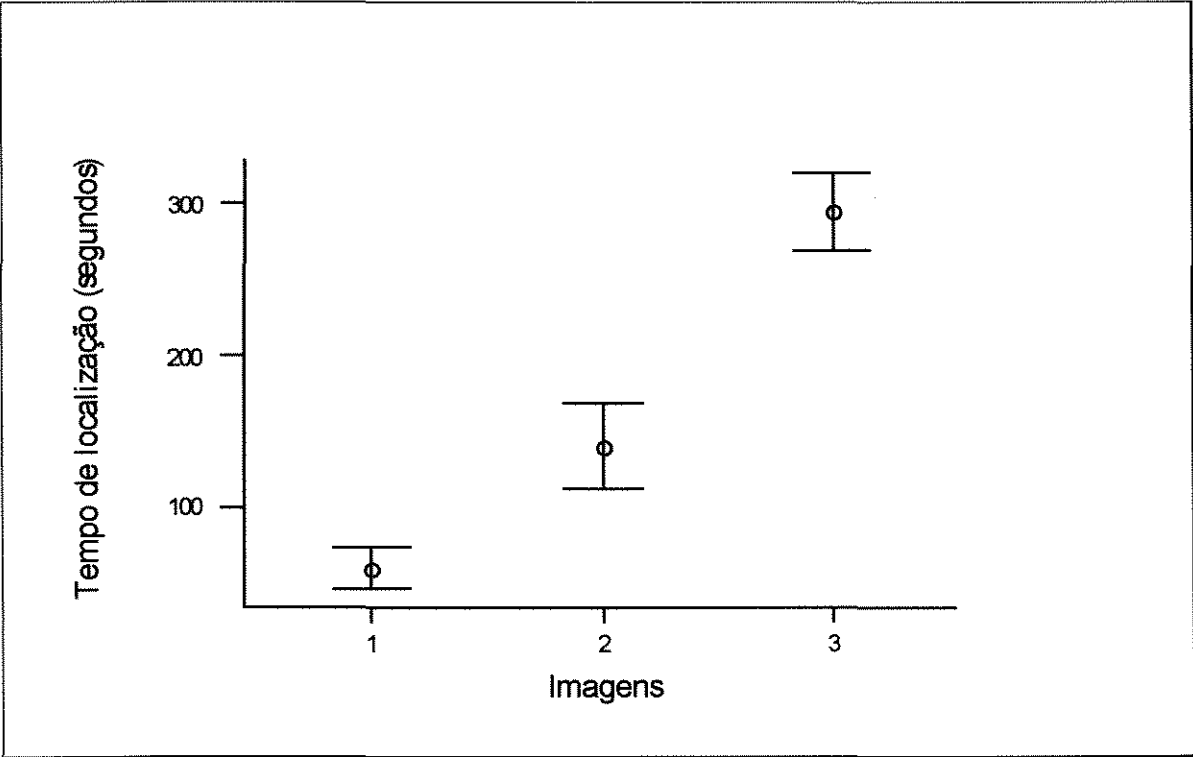


Figura 23: Tempo (em segundos) de localização de presas no experimento III B, para verificação do efeito de diferentes distâncias.

Identificação das médias referente aos experimentos III A e III B para comparação dos tempos de localização das presas.

Tabela 20: Teste “t” referente as imagens dos experimentos III A e III B para comparação dos tempos de localização das presas entre os experimentos (assumindo variâncias iguais).

IMAGENS	T	P	DF
1 B X 1 A	- 2,26	0,030	38
2 B X 2 A	- 0,28	0,78	38
3 B X 3 A	- 3,18	0,003	38

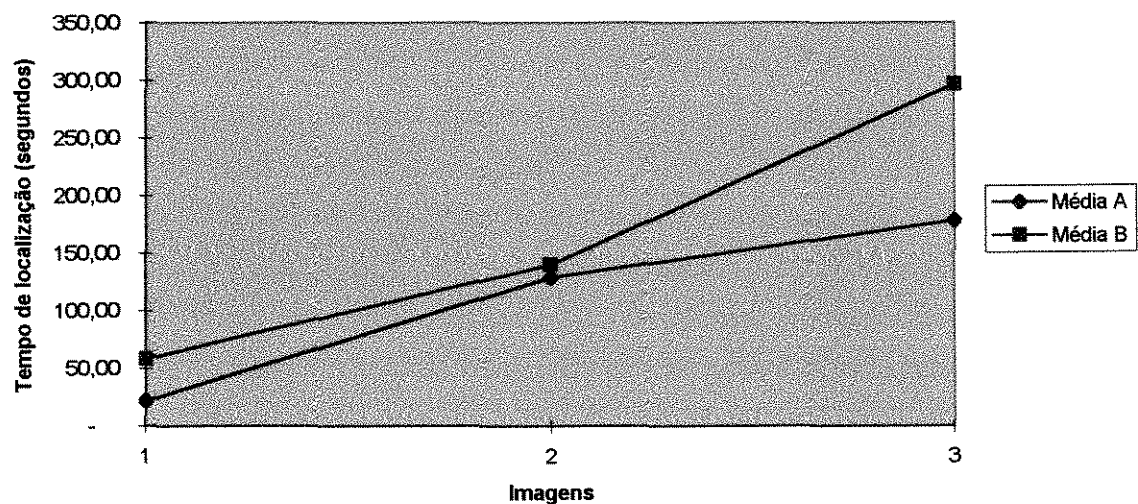


Figura 24: Tempo (em segundos) comparativo de localização de presas nos experimentos III A e B para verificar o efeito de diferentes distâncias.

A comparação dos experimentos III A e III B apresentou discrepância no resultado das imagens 3 de ambos os experimentos. Esta diferença possivelmente deva estar relacionada

à textura dos fotogramas apresentados bem como ao posicionamento dos indivíduos em seus respectivos substratos. Na imagem 3A o gafanhoto se encontra mais centralizado em sua posição original bem como sua coloração parece estar menos camuflada, enquanto na 3B sua localização é mais periférica e sua coloração mais camuflada em comparação à imagem anteriormente citada.

Experimento IV - “Diversidade de Aparência: alto grau de camuflagem”

No experimento IV foi apresentada uma série de 7 imagens de presas com diferentes aparências, alto grau de camuflagem e diferentes panos de fundo (background). Para verificar se a diversidade de aspectos dificulta a formação da imagem de procura por parte dos predadores visualmente orientados, cada observador avaliou toda a sequência de imagens.

O tempo de localização de presa da imagem 1 para a imagem 2 foi estatisticamente significativo apresentando uma média de $198,21 \pm 132,92$, diminuindo um pouco esta diferença para a imagem 2. Na imagem 3 o tempo caiu drasticamente, depois voltou a subir na imagem 4 e caiu novamente na 5, voltando a subir abruptamente nas imagens 6 e 7, as quais não apresentaram diferenças significativas.

De um modo geral todas as imagens apresentaram um tempo alto de detecção, o que vem de encontro com os resultados esperados pela teoria de predação. O resultado deste experimento vem demonstrar que a diversidade de aparência dificulta a formação de uma imagem de procura (Ver Tabelas 21, 22, 23 e Figura 25).

Tabela 21: Tempo de localização da presa (em segundos) nas imagens apresentadas no experimento IV, para verificação do efeito diversidade de padrões morfológicos e morfométricos (aspecto).

IMAGEN	$\bar{x} \pm S$	MIN. - MÁX.	N
1	198,21 \pm 132,92	8,39 - 360	20
2	135,72 \pm 144,88	4,49 - 360	20
3	16,68 \pm 16,35	3,41 - 72,64	20
4	98,26 \pm 109,78	7,58 - 360	20
5	18,85 \pm 40,89	1,13 - 188,33	20
6	190,67 \pm 138,37	8,25 - 360	20
7	149,57 \pm 120,04	9,23 - 360	20

Tabela 22: Análise de variância: Comparação das médias dos tempos de localização da presa no experimento IV, com valores transformados por Ln.

FONTE	DF	SS	MS	F	P
IMAGEM	6	152,34	25,39	18,97	0,0001
ERRO	113	177,98	1,33		
TOTAL	139	330,32			

Tabela 23: Teste de Turkey - LSD - Last Significance Difference - referente a 7 imagens para comparação dos tempos de localização da presa no experimento IV para valor crítico de $p < 0.05$ onde * é estatisticamente significante e n.s, não significante.

IMAGENS	1	2	3	4	5	6
2	*					
3	*	*				
4	*	N.S	*			
5	*	*	N.S	*		
6	N.S	N.S	*	*	*	
7	N.S	N.S	*	N.S	*	N.S

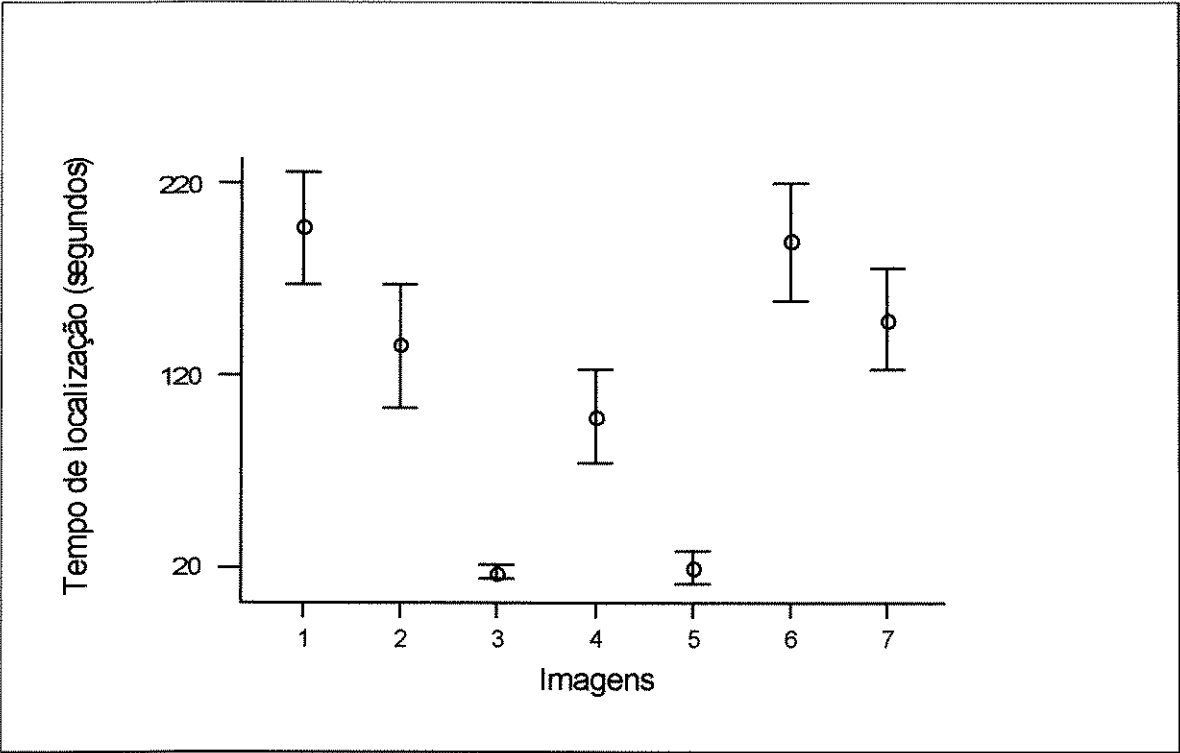


Figura 25: Tempo (em segundos) de localização de presas crípticas de diferentes aspectos.

Tabela 24: Tempo de localização da presa (em segundos) nas imagens apresentadas no experimento V, para verificação do efeito de presas aparentes.

IMAGEN	$\bar{x} \pm s$	MIN. – MÁX.	N
1	25,98 \pm 52,23	1,76 – 238,51	20
2	3,45 \pm 1,91	1,27 – 7,96	20
3	2,28 \pm 1,17	0,78 – 5,66	20
4	2,48 \pm 3,17	0,91 – 15,71	20
5	2,04 \pm 1,42	0,73 – 5,72	20
6	2,34 \pm 2,50	0,57 – 10,16	20
7	1,89 \pm 0,97	0,63 – 4,60	20

Tabela 25: Teste não paramétrico (Kruskal Wallis) - pareando o primeiro evento com as demais imagens do experimento V - uma vez que as variâncias não são homogêneas para $p < 0.05$ (critério de Bonferroni) onde * é estatisticamente significativa e n.s, não significativa.

IMAGEN	1	2	3	4	5	6
2	*					
3	*	*				
4	*	*	N.S			
5	*	*	N.S	N.S		
6	*	*	N.S	N.S	N.S	
7	*	*	N.S	N.S	N.S	N.S

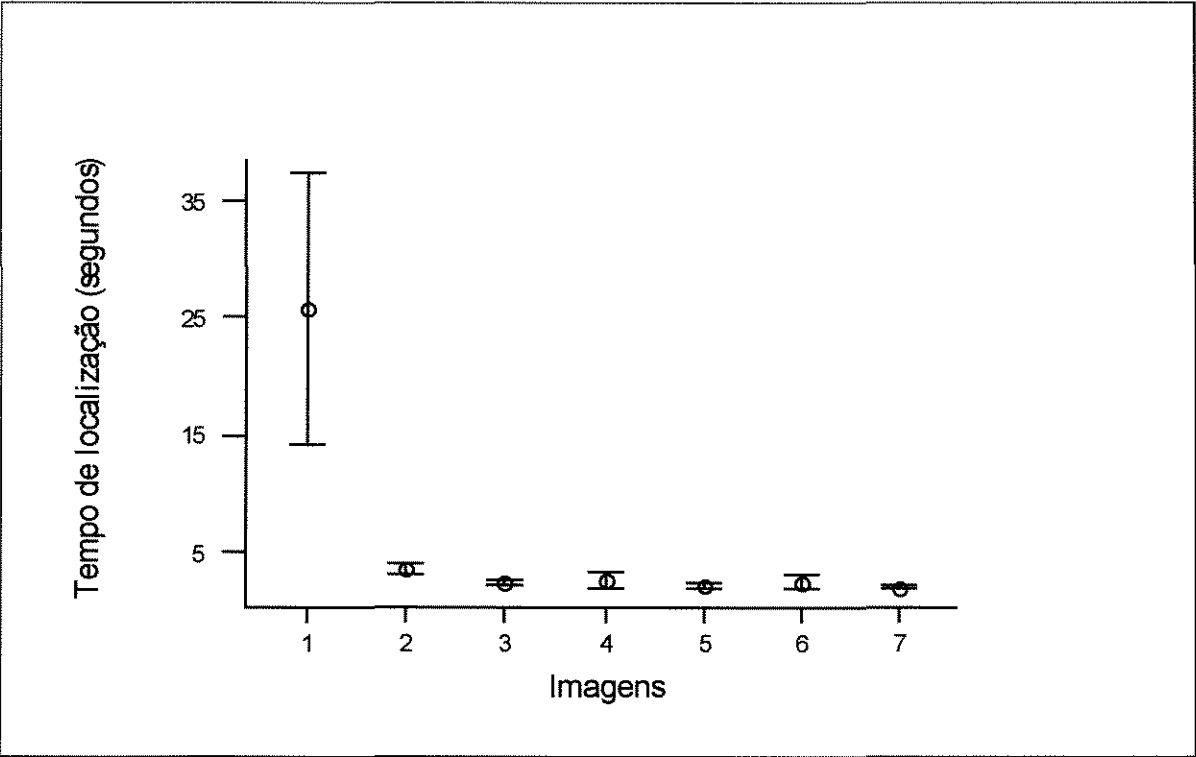


Figura 26: Tempo (em segundos) de localização de presas aparentes.

Identificação das médias referente aos experimentos IV e V para comparação dos tempos de localização das presas.

Tabela 26: Teste “Mann Whitney U Test ” referente as imagens dos experimentos IV e V para comparação dos tempos de localização das presas entre os experimentos IV e V.

IMAGENS	U	P	DF
1 (IV) X 1 (V)	518,0	0,000	38
2 (IV) X 2 (V)	561,0	0,000	38
3 (IV) X 3 (V)	560,0	0,000	38
4 (IV) X 4 (V)	566,0	0,000	38
5 (IV) X 5 (V)	508,0	0,000	38
6 (IV) X 6 (V)	572,0	0,000	38
7 (IV) X 7 (V)	576,0	0,000	38

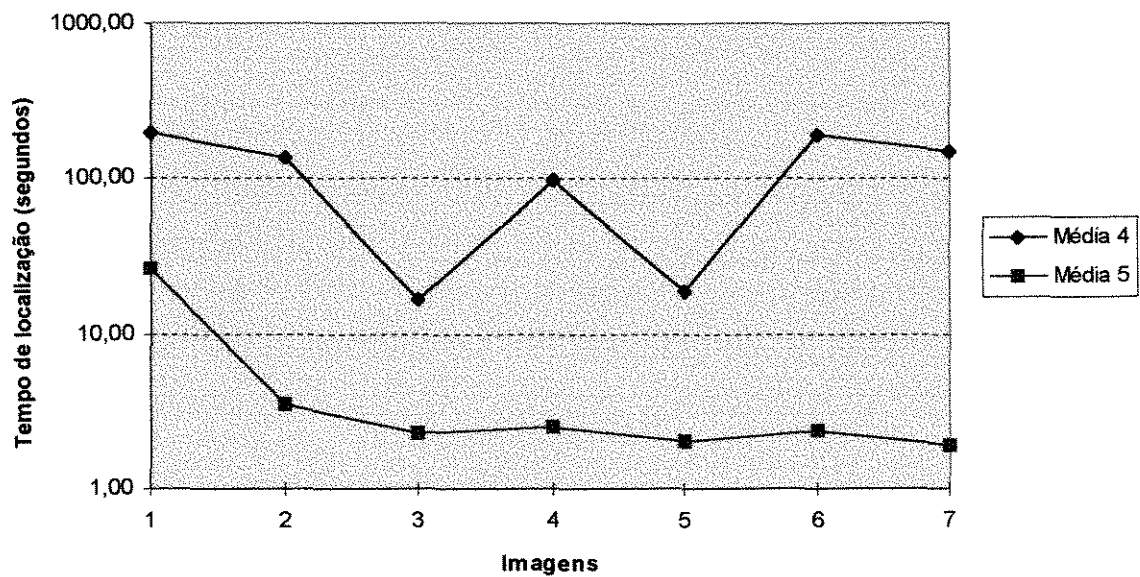


Figura 27: Comparação entre os tempos médios de localização de presas nos experimentos IV e V. Gráfico logaritimizado.

Os experimentos IV e V foram comparados entre si, por terem sido considerados antagônicos. A média no tempo de detecção do experimento IV (alto grau de camuflagem) se apresentou bastante elevada em comparação com a média do experimento V (anúncio de aparências).

Segundo a teoria de predação, enquanto animais camuflados são crípticos a seus predadores visualmente orientados, animais vistosos normalmente são selecionados para anunciar sua presença. Nas hipóteses de predação, o primeiro grupo não deve ser reconhecido como item alimentar, por não ser percebido facilmente, conseqüentemente, predadores que buscam por um padrão específico de cor e textura, não deve necessariamente detectar com facilidade um outro padrão que não o esperado. O segundo grupo anuncia sua presença, indicando ao predador potencial sua impalatabilidade. Aliada a coloração vistosa deve haver uma característica de propriedade desagradável da presa. Neste caso a cor seria um sinalizador. Em oposição a este comportamento, pode acontecer da presa, por não ter cor que confira boa camuflagem, ser predada mais facilmente.

RESULTADO DOS EXPERIMENTOS - O PONTO DE VISTA BIOLÓGICO

Discussão

Conforme dito anteriormente, Tinbergen (1960) observou que pássaros insetívoros incluía em sua dieta baixas proporções de insetos raros e que quando estes se tornavam mais frequentes havia um aumento acentuado na proporção de captura. O autor sugeriu que em baixa densidade de presa a oportunidade de encontro era pequena sem aprendizagem, e à medida que os encontros aumentavam deveria haver a formação de uma imagem de procura (*search image*) que aumentaria a performance do predador. Esta performance pode ser medida de modo direto comparando-se as proporções de presas disponíveis e as proporções das efetivamente predadas. Algumas experimentações simplificadas, em condições de laboratório permitem a padronização de determinadas medidas, as quais são importantes evidências para a hipótese de Tinbergen de 1960.

Os resultados dos experimentos I A e I B do presente estudo confirmam a hipótese de Tinbergen. Com a apresentação sucessiva (simulando encontros sucessivos) de uma presa críptica, o predador melhora sua performance reduzindo o tempo de localização da presa, denotando deste modo aprendizagem de padrão de coloração da presa num substrato onde está críptico. Este resultado é uma forte evidência da formação de uma “imagem de procura” da presa.

Quando foi mudado o “pano de fundo” - substrato - e o padrão de coloração do gafanhoto - uma outra espécie - tanto no experimento I A como no I B, que representam experimentos cruzados, verificou-se um aumento no tempo de localização da presa. Em ambos os casos, após uma série de encontros, a nova presa, em substrato diferente, representou uma nova imagem. Este fato representa a evidência de que a “imagem de procura” foi formada e posteriormente “quebrada”, no sentido de que não há uma imagem mental ou aprendida sobre o novo padrão de coloração.

As diferenças nos tempos de localização da presa na quinta imagem de ambos os experimentos refletem diferenças no grau de camuflagem das presas em seus substratos específicos.

Os experimentos II A e II B, em vez de apresentarem uma série de imagens com uma única presa, apresentou para um grupo experimental uma única imagem, com densidades diferentes de presa para cada uma delas. Neste experimento ficou evidenciado que em densidades maiores predadores podem melhorar sua performance, o que foi indicado por um tempo menor na localização de presas, quando estão em densidades maiores. Estes dois experimentos também reforçam a idéia de Tinbergen, que sob densidades maiores de presa, na formação da imagem de procura, aumenta a probabilidade de encontro e aprendizagem de padrões crípticos, conseguindo em encontros sucessivos identificá-la mais prontamente.

Outros autores em diversos ensaios experimentais também obtiveram evidências que apoiavam a hipótese de Tinbergen, dentre eles ver os trabalhos de Dawkins (1971), Pietrewics & Kamil (1981).

Já nos citados estudos de Plaisted & Mackintosh (1995) utilizando pombos e imagens geradas em tela de computador, foram montados experimentos que evidenciaram a formação de imagem de procura onde os pombos reconheciam e aprendiam, mediante recompensa, padrões de figura que estavam crípticas num pano de fundo. Portanto, predadores visualmente orientados e com capacidade de aprendizagem, exercem fortes pressões seletivas sobre a evolução dos padrões de coloração de presas crípticas.

Os experimentos III A e III B medem a importância da acuidade visual do predador na localização de presa. Indiretamente isto foi avaliado através de imagens onde presas são vistas a diferentes distâncias. Houve uma relação positiva entre a distância e o tempo de localização da presa, ou seja, quanto menor a aproximação, menor o tempo de detecção.

O experimento IV contém uma série de imagens com diferentes substratos (pano de fundo) e diferentes espécies de gafanhoto representando uma sequência de imagens com diversas aparências. Neste experimento ficou evidenciado que em algumas imagens o predador não sabe o que buscar. Neste caso a redução contínua do tempo de localização da presa nas três primeiras imagens evidencia uma formação de imagem de procura, provavelmente atribuídos ao tipo de imagem, ou seja, as características de cor e textura mais semelhantes ao ambiente de localização. Em seguida, uma quebra na formação de imagem de procura, principalmente para gafanhotos com aparência bastante distinta em substrato também diverso.

Portanto este experimento reforça a idéia da formação da imagem de procura e como ela está operando em predadores. Estes devem exercer forte pressão seletiva sobre presas promovendo a divergência em aparências entre elas, assim como escolha de sítios específicos e diferentes para substrato de camuflagem.

No experimento V as diferentes espécies de gafanhoto tem cores vistosas e contrastantes com o pano e fundo. Como foi difícil através do programa recortar a “presa” e inseri-la em outros substratos sem deixar uma marca muito aparente na imagem, optou-se por colorir a presa simulando sua inadequação ao pano de fundo. Desta forma este experimento mostrou que os animais, quando não estão camuflados podem ser prontamente percebidos e/ou predados.

Em outra situação o propósito de se anunciar também está presente em animais aposemáticos com cores contrastantes do pano de fundo. A diferença é que o predador por associação de experiências desagradáveis (de sabor, ferrão ou outras características) associa este fato ao padrão de coloração da presa.

Portanto, segundo a teoria de predação, a seleção deve agir promovendo a cripticidade e escolha por substratos apropriados para que presas passem despercebidas de predadores, ou ainda, a pronta identificação de presas representa que se esta característica estiver associada a uma experiência desagradável o predador passará a reconhecer e evitar a presa (ver Gittleman, 1980; Roper, 1987).

Conclusão

Experimento I A e I B

A medida que o predador aumenta o número de encontros consequentemente diminui o tempo de detecção. Esta redução de tempo de localização de presa, em comunhão com o aumento de tempo quando se substituiu o padrão de cor e textura na última imagem, é a indicação de que o observador formou uma imagem de procura.

Experimento II A e B

Quanto maior a densidade de indivíduos em um determinado substrato, menor o tempo de detecção por parte de predadores visualmente orientados.

Experimento III A e B

A distância é uma medida indireta de acuidade. Um predador com maior ou menor acuidade em padrões mais ou menos fino de textura pode ser evidenciado neste experimento. Quanto menor a distância, menor o tempo de localização.

Experimento IV

Com as variações de padrão de cor, forma, posicionamento e pano de fundo, este experimento mostrou claramente um tempo de localização heterogêneo, sem redução contínua, sugerindo maior eficiência de camuflagem apesar das presas estarem próximas em relação ao predador. Padrões diversos de aparência dificultam a formação de imagem de procura.

Experimento V

Animais não adequados em substratos que confirmam camuflagem podem ser prontamente localizados e predados.

O trabalho teve sucesso quando os resultados obtidos vieram de encontro com as hipóteses esperadas. De forma geral, dentro da teoria de predação, a formação de imagem de procura está operando, e componentes como: densidade de presa, distância, diversidade de aspecto, etc. exercem influência na aprendizagem da formação de imagem de procura.

Das estratégias desenvolvidas para contra adaptação de presas poderia ser espaçamento, não vivendo em altas densidades, aperfeiçoar o padrão de coloração ou mesmo dentro ou entre espécies poderia surgir polimorfismo de aparência ou diversidade de aparências com cores e escolha de substrato.

DISCUSSÃO

RESULTADO DAS IMAGENS - O PONTO DE VISTA MULTIMÍDIA

A obtenção das imagens analógicas, digitais, a montagem dos experimentos e o trabalho de investigação visual foram etapas que mereceram atenção especial devido à especificidade de cada uma.

O meio físico-químico:

O meio fotoquímico é muito sensível quanto a capacidade de distorção que pode se apresentar em todas as etapas de uma tomada fotográfica. Estas começam com a qualidade do filme, (marca, asa) intensidade de luz (incidência, abertura e velocidade) a revelação,

(tempo de revelação, qualidade e temperatura da química) bem como o tempo de existência e as condições de armazenamento (modificação na intensidade de tons).

Em campo, um roteiro prévio e a sistematização para a tomada fotográfica foram importantes para a otimização do trabalho. A estampa de um mosaico com o indivíduo em aproximação contínua facilitou muito a edição das imagens para os diferentes enfoques dado em cada um dos experimentos.

Quanto a eleição do filme diapositivo, foi importante apresentar alta qualidade, fineza de grãos, resolução e nitidez, no entanto, neste caso, o resultado final dependeria também do “scanner”, pois nem todos apresentam boa resolução com transparências. O “scanner” utilizado neste trabalho apresenta uma resolução razoável na manipulação de filmes diapositivos, mas ainda melhor na ampliação em papel fotográfico. Portanto um “scanner” específico para diapositivos poderia ter apresentado resultados mais favoráveis no momento da manipulação das imagens, ou ainda, as imagens poderiam ter sido feitas a partir de ampliações em papel com tamanhos igual ou maior que 10X15cm, para uma captação mais nítida.

Cabe lembrar a importância de um laboratório especializado para revelação de filmes fotográficos seja ele, diapositivo ou negativo. Quanto a sistematização para a revelação, seria necessário caso houvesse comparação tonal de uma fotografia para outra, como isso não ocorreu, este item poderia ser dispensado.

No ato das tomadas fotográficas, a iluminação natural garantiu algumas características do ambiente como a relação cor e forma, luz e sombra. De modo geral, evita-se tomadas fotográficas de natureza em horários de sol à pino, em função da incidência de luz ser muito intensa e dar à imagem um aspecto lavado. Neste caso, como pode ser visto, o horário de sol mais intenso favorecia o aparecimento destes indivíduos, portanto, as imagens foram feitas próximo ao meio dia com uso de um filtro polarizador para minimizar reflexos, evitando o aspecto “lavado” destas imagens.

Quanto a edição fotográfica, os critérios iniciais eram, qualidade técnica (foco, luz), seqüência completa com distância gradativa e diferentes padrões de cor e textura de indivíduos e substratos para eleição das imagens que seriam usadas nas montagens dos fotogramas.

O meio digital:

A digitalização de uma imagem é apenas uma etapa de um processo que envolve um planejamento e, muitas vezes uma certa experimentação. Muitos fatores influenciam a qualidade e o tipo de imagem digitalizada. É necessário se ter em mente o objetivo final do uso destas imagens e conhecer os equipamentos e as ferramentas para que se possa obter bons resultados em aplicações específicas. Ao contrário de uma câmera, um software de manipulação permite alterar informações desta imagem em infinitas possibilidades.

As imagens dos experimentos I A e I B sofreram alterações de

forma a extrair o indivíduo da posição original, normalmente centralizados, e colocando-os em diferentes posições do mesmo substrato procurando não alterar a condição críptica de sua postura na imagem original. Para esse fim, bastou selecionar o indivíduo e pelo método de tentativa e erro encontrar outros locais em que o elemento selecionado apresentasse possibilidade de inserção. Essa possibilidade se baseou em características de textura e cor semelhantes.

No experimentos II as alterações em densidade foram feitas a partir das primeiras imagens dos experimentos I A e I B sendo utilizado a mesma técnica de manipulação. Os número de indivíduos foi aumentado na proporção de 2, 3 e 5 por imagem e colocados em diferentes locais de seus respectivos substratos. Houve uma diferença estatística na comparação dos resultados entre os experimentos II A e II B. Esta diferença indica que em II B os animais são menos crípticos em relação ao fundo se comparado ao experimento II A. No momento da manipulação, cada imagem foi trabalhada individualmente, não havendo um critério de aumento gradativo que pudesse partir de sua posição inicial. Acredita-se que o aumento de indivíduos poderia ter sido feito em ordem seqüencial, partindo de um único local de repouso, aumentando gradativamente os outros indivíduos e dessa forma minimizar esta diferença.

No que diz respeito aos experimentos III e IV, de um modo geral não passaram por mudanças de caráter informativo, mas no processo de manipulação, passaram por um ajuste tonal, salvo os fotogramas 3 e 5 dos experimentos IV e V. Nestes fotogramas, os gafanhotos foram propositadamente descentralizados a fim de evitar a busca constante ao centro da imagem por parte dos entrevistados. Para isso foi utilizado a

mesma técnica dos experimentos iniciais.

O experimento V deveria tornar o indivíduo aparente em relação ao seu substrato, portanto optou-se por mudar o padrão de coloração de cada indivíduo tornando-o inadequado à camuflagem para aquele tipo de substrato. A idéia original indicava que os gafanhotos deveriam ser mudados para um outro pano de fundo que não o de seu habitat natural. Durante o trabalho de manipulação, observou-se que as imagens não mantinham um padrão estético adequado, ora deformando, ora fugindo à proporção, não combinando cores, enfim, a qualidade visual se tornava insatisfatória. Para resolver este problema, o mais indicado foi, colorir os indivíduos para que estes se tornassem aparentes em seus próprios substratos, guardando as características de forma e textura originais. À partir da seqüência do experimento IV, esta técnica foi realizada com sucesso, permitindo ainda cruzar os experimentos IV e V, visto que a seqüência era a mesma.

O “software” Aldus PhotoStyler” permitiu a manipulação das imagens fotográficas com alta resolução e qualidade. A montagem dos experimentos foi executada devido às diferentes possibilidades oferecidas por suas ferramentas. Nos diferentes experimentos, o recorte de indivíduos em determinadas áreas, a inserção em outros sítios destes e de outros indivíduos, o ajuste tonal, a pintura, enfim, foram realizados com precisão.

A grande vantagem de se utilizar um sistema digital de análise de imagens, quando comparado com um método convencional (observação direta e/ou fotográfica), reside no fato de ser possível a

manipulação dos dados digitais (pixel), produzindo resultados menos subjetivos e dependentes da análise visual imediata do observador.

Percepção Visual

Para estudar a visão de diferentes animais e tentar estimar exatamente o quanto cada um é capaz de ver, é preciso levar em consideração questões como: O que o animal precisa ver? Ele é capaz de distinguir detalhes de objetos próximos? Qual a distância que ele precisa para reconhecer objetos? Como difere a acuidade visual em relação ao homem? Como medir uma informação por eles adquirida de uma imagem recebida e como eles reagem a isto? O indivíduo pode focar objeto claramente? Percebe o mundo em preto e branco ou colorido? A vida dos animais, o que ele vê, o quanto ele precisa ver, é inteiramente diferenciado no reino animal. Os animais variam imensamente em tamanho e forma, cada um em seu ambiente e necessidades particulares. Então, o aparelho visual deve ser especialmente adaptado para o ambiente no qual o animal vive. (Smythe, 1975).

Segundo Endler (1978), a condição ótima para ser um predador visual é que ele tenha uma excelente capacidade de visão em cores e acuidade visual. Cada espécie apresenta um ângulo característico de acuidade visual determinado pela anatomia e geometria oculares (Walls, 1942; Yamanouchi, 1956). O ângulo de acuidade visual é o ângulo que separa dois pontos ou objeto visual, os quais estão distintamente separados. Uma dada espécie tem um disco efetivo de

acuidade determinado pelo ângulo de acuidade e uma distância média sobre a qual a presa é vista. Neste caso, a seleção para cripticidade vai ser relevante em uma escala igual ou maior que o disco de acuidade do predador.

Diferenças na visão em cor também podem ter um efeito sobre os diferentes tipos de padrão críptico. Se o predador é relativamente menos sensível a certos comprimentos de ondas, ou se a reflexão de certas cores é menor que outras, então a escala de manchas destas cores não precisa ser tão parecida com o substrato como outras cores.

Outro fator importante é a distância da presa em relação ao predador e ainda diferentes alturas na vegetação. Diversas condições ambientais interferem no modo em que a presa pode ser vista pelo predador (Endler, 1978).

O sentido da visão, faculta à predadores visualmente orientados boa parte da capacidade de localização e captura de presas. É preciso, no entanto, levar em consideração que cada espécie animal e até mesmo o ser humano, apresenta diferentes requisitos de percepção e que o aparelho visual de cada um é especialmente adaptado para suas necessidades.

Pela complexidade das diferenças visuais entre indivíduos ou espécies no reino animal, não se tem aqui a intenção de explorar o assunto, mas alertar sobre as diferenças visuais do ponto de vista humano, visto que os teste, foram aplicados nestes observadores, os humanos. O ser humano interessa sobremaneira neste teste de simulação por possuir uma forte capacidade de distinguir cores e um

sofisticado mecanismo de memória, podendo responder às questões verbalmente.

O ser humano como predador potencial

Segundo Endler, (1978), padrões de coloração conspícuos para o olho humano, podem não ser conspícuo para predadores, os quais podem ver este padrão sob diferentes condições.

Dada a complexidade do assunto, a princípio não se considerou as diferenças individuais na visão. Não há como, de modo simples, tirar conclusões exatas de como se dá a reação de cada indivíduo sob os diferentes estímulos visuais. Cada pessoa carrega consigo heranças que passam do aspecto biológico, educacional ao cultural, não possibilitando uma forma de medir estas diferenças individuais. Neste sentido, os experimentos foram montados de forma a avaliar as imagens, e não o observador.

É preciso deixar claro neste teste de simulação, que o ser humano foi eleito como “predador” por distinguir cor e textura e possuir capacidade de aprendizagem, podendo responder às investigações visuais. Neste caso, não foram testadas as possibilidades de interpretação destes indivíduos enquanto predadores, mas sim a adequação das imagens em relação à teoria de predação nos diferentes experimentos usando, para tal, o tempo de detecção em cada encontro.

VI

CONCLUSÃO

No decorrer deste trabalho pôde-se observar que não existem fórmulas prontas para se desenvolver pesquisa sobre comportamento animal. Houve aqui a intenção de oferecer um segmento a mais neste ilimitado campo das aplicações imagéticas.

O procedimento de manipulação da imagem, seja ele a mudança de sua posição original, o aumento da densidade, o ajuste tonal, a pintura de presas simulando estar em ambiente onde ele se destacaria, juntamente com o procedimento experimental, utilizando-se de seres humanos como predadores potenciais, não afetou em nada os

pressupostos biológicos da teoria de predação. Desta forma, o conjunto de recursos utilizados pelos multimeios auxiliaram em muito a replicação do que ocorre na natureza permitindo repetições e testes estatísticos em escala de tempo e espaço menores.

Adaptando os recursos imagéticos - fotografia analógica digitalizada e manipulada - foi dado início, de forma sucinta, a uma nova etapa que o desenvolvimento tecnológico pode proporcionar. A fotografia analógica, muito difundida no meio Biológico e utilizada neste trabalho pelos Multimeios propiciou a adequação dos experimentos em laboratório, sem quebrar as premissas biológicas embutidas. As conclusões obtidas vieram confirmar as hipóteses levantadas.

Neste campo da Biologia, onde os métodos são bastante variáveis, os recursos da tecnologia de digitalização podem oferecer um amplo controle da imagem no que diz respeito à cor, à saturação, ao contraste, enfim, à definição como um todo. Por permitir a manipulação, alteração da imagem de forma bastante complexa, a informática, possibilitou modificar o caráter informativo com finalidade de simulação para o pesquisador. Consequentemente, à partir dos suportes tradicionais de obtenção, as imagens digitalizadas forneceram informações ao pesquisador que nem o suporte químico ou físico, estático ou dinâmico foram capazes de suprir; a possibilidade de simulação sugerida através da transformação do conteúdo original

Por outro lado, um importante aspecto desta conquista tecnológica é quanto a conservação e arquivo destas imagens. De forma geral, as imagens analógicas apresentam um limite no tempo de duração

que podem variar com a qualidade de arquivamento. Após as primeiras décadas perdem a qualidade de maneira irreversível. A computação gráfica, armazena e relaciona números a impulsos elétricos e a pixel, ou seja, armazena funções matemáticas organizadas num programa; desta forma para visualizá-las, o computador traduz esses impulsos elétricos em imagens. Desde que exista um suporte de leitura, estas poderão ser observadas por tempo indeterminado sem perda de qualidade.

Outra vantagem oferecida por esta tecnologia é a versatilidade de transporte e arquivamento. É possível transportá-la via rede no mesmo momento de sua obtenção, ou ainda armazená-la em uma biblioteca eletrônica. Outra vantagem ainda, é que ela oferece uma gama de dezesseis milhões de cores, inclusive na captura de cores fluorescentes, muito mais ampla que o filme convencional ou que a possibilidade de visualização pelo olho humano.

As possibilidades oferecidas pela tecnologia de imagem digitalizada podem proporcionar uma grande variedade de aplicações metodológicas, no entanto, seu potencial ainda é muito pouco difundido.

Hoje, a qualidade dessas imagens ainda é questionável e suas aplicações restritas. Num futuro próximo, a fotografia digital poderá fazer parte do cotidiano acadêmico.

VII

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALLEN, J. A. Evidence for stabilising and apostatic selection by wild blackbirds. **Nature**, v.237, p.348-49, 1972.

ANDRÉN, C., NILSON, G. Reproductive success and risk of predation in normal and melanistic colour morphs of the adder, *Vipera berus*. **Biol. J. Lin. Soc.**, v.15, p.246-325, 1981.

BARTHES, R. **A câmara clara**: nota sobre a fotografia. 2ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1984.

BEATSON, R. R. Environmental and genetical correlates of disruptive coloration in the water snake, *Natrix sipedon sipedon*. **Evolution**, v.30, p.241-52, 1976.

BERNADET, J. C. **O que é cinema**. São Paulo: Brasiliense, 1985. (Coleção Primeiros Passos)

BROWER, L. P., BROWER, J. V. Z. Birds, butterflies and plants poisons: a study in ecological chemistry. **Zoologica**, v.46, p.137-59, 1964.

BYRNE, O. R. Polymorphism in the Australian Acrididae. I. Inheritance of color patterns in the plague locust, *Chortoicetes terminifera*. **Heredity**, v.22, p.561-68, 1967a.

Polymorphism in the Australian Acrididae. II. Change in color pattern gene frequencies in the plague locust, *Chortoicetes terminifera*. **Heredity**, v.22, p.569-89, 1967b.

CAMIN, J. H., EHRLICH, P. R. Natural selection in water snakes (*Natrix sipedon* L.) on islands Lake Erie. **Evolution**, v.12, p.504-11, 1958.

CLARKE, B. Divergent effects of natural selection on two closely related polymorphic snails. **Heredity**, v.14, p.423-33, 1960.

Balanced polymorphism and the diversity of sympatric species. In: **NICHOLS, D. (ed.) Taxonomy and geography**. Oxford: Syst Ass. Publ. 4, 1962a.

Natural selection in mixed populations of two polymorphic snails. **Heredity**, v.17, p.319-45, 1962b.

The evidence for apostatic selection. **Heredity**, v.24, p.347-52, 1969.

COLE, A. **Cor: o guia visual essencial à arte da cor, desde a pintura na Renascença até os meios modernos atuais**. Trad. Angela dos Santos. São Paulo: Manole, 1994. Tradução de: Colour eyewitness art.

COLLIER Jr, J. **Antropologia visual: a fotografia como método de pesquisa**. São Paulo: USP, 1973.

COTT, H. B. **Adaptative coloration in animals**. London: Methuen, 1940.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP, 1992.

DANGER, E. P. **A cor na comunicação**. Rio de Janeiro: Forum, 1973.

DARIUS, J. **Beyond vision**. Oxford: Oxford University Press, 1984.

DAWKINS, M. Perceptual changes in chicks: another look at the "search image" concept. **Anim. Behav.**, v.19, p.566-74, 1971.

DEARN, J. M. Latitudinal cline in a colour pattern polymorphism in the Australian grasshopper *Phaulacridium vittatum*. University of Melbourne, Australia. **Heredity**, v.47, p.111-19, 1981.

DEL CLARO K., VASCONCELLOS NETO, J. Os padrões de coloração animal: exemplos na Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. (org.) **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. Campinas: UNICAMP, 1992.

DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS - LUONG M., LECOQ M. **Guia prático de luta contra os gafanhotos devastadores no Brasil**. Montpellier: CIRAD-PRIFAS/FAO, 1987.

EDMUNDS, M. **Defense in animals**. Longman: Essex. 1974.

_____ On defining "mimicry". **Biol. J. Linn. Soc.**, v.16, p.9-10, 1981.

EIBESFELDT, I. E. **Etologia: introducción al estudio comparado del comportamiento**. Barcelona : Omega, 1979.

ENDLER, J. A. A predator's view of animal color patterns. **Evol. Biol.**, v.11, p.319-64, 1978.

_____ An overview of the relationships between mimicry and crypsis. **Biol. J. Linn. Soc.**, v.16, p.25-31, 1981

_____ Frequency - dependent predation, crypsis and aposematic coloration. **Phil. Trans. R. Soc. London B.**, v.319, p.505-23, 1988.

- ETEROVICK, P. C., FIGUEIRA, J. E. C., VASCONCELLOS NETO, J. Cryptic colouration and choice of escape microhabitats by grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) **Biol. J. Linn. Soc.**, v.61, p.485-99, 1997
- FABRIS, A. **Fotografia: usos e funções no século XIX**. São Paulo: USP, 1991.
- FIGUEIRA, J. E. C., BEDÊ, L.C., SOUZA, A. L. T. de, PRADO, P. I. K. L. The morphological space of a Brazilian cerrado moth community. **Ciência e Cultura**, v.45, p.112-115, 1993.
- FREUND, G. **Fotografia e sociedade**. Trad. Pedro Miguel Frade Lisboa: Vega, 1989. Tradução de Photographie et societe. (Comunicação e Linguagens)
- FRIZOT, M. **Etienne-Jules Marey: introduction, documentation et notices**. Paris: Centre National de la Photographie, 1984. (Collection Photo Poche)
- FORD, E. B. **Ecological genetics**. London: Chapman, 1975.
- FORD, H. A. The degree of mimetic protection gained by new partial mimics. **Heredity**, v.26, p.227-36, 1971.
- GAUTRAND, J. C. **Naissance et évolution d'une collection**. Paris: Centre National de la Photographie, 1987. (Collection Photo Poche)
- GERSHENSON, S. Evolutionary studies on the distribution and dynamics of melanism in the hamster (*Cricetus cricetus* L.). I. Distribution of black hamster in the Ukranian and Brashkirian Republics. **Genetics**, v.30, p.207-32, 1945.
- GILL, P. D. Maintenance of polymorphism in an island population of the California vole *Microtus californicus*. **Evolution**, v.31, p.512-25, 1977
- _____. Colour-patternn variation in relation to habitat in grasshopper *Chorthippus brunneus* (Thunberg). **Ecological Entomology**, v.4, p.249-57, 1979.
- GITTLEMAN, J. L., HARVEY, P. H. Why are distateful prey not cryptic? **Nature** v.286, p.149-50, 1980.

GREENBERG, A. D., GREENBERG, S. **Digital images: a practical guide**. Bekerley: Osborne McGrow-Hill, 1995.

GREENWOOD, J. Apostatic selection and population density. **Heredity**, v.24, p.157-61, 1969.

GUILFORD, T. How do 'warning colour' work? Conspicuousness may reduce recognition errors in experienced predators. **Anim. Behav.**, v.34, p.286-8, 1986.

_____ The evolution of conspicuos coloration. **Am. Nat.**, v.131, p.7-21, 1988.

HALL, E. T. **A dimensão oculta**. Trad. Sônia Coutinho. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.

HARVEY, P. H., JORDAN, C. A., ALLEN, J. A. Selection behaviour of wild blackbirds at high prey densities. **Heredity**, v.32, p.401-4, 1974.

HOLLING, C. S. The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. **Mem. Ent. Soc. Can.**, v.45, p.1-60, 1965.

JOERN, A., LAWLOR, L. R. Guild structure in grasshopper assemblages based on food and microhabitat resources. **Oikos**, v.37, p.93-104, 1981.

JOLY, A. B. **Conheça a vegetação brasileira**. São Paulo: USP / Polígono, 1970.

JULESZ, B. Experiments in the visual of texture. **Scientific American**, v.232, p. 34-44, 1975

KILTIE, R. A., LAINE A. F. Visual texture, machine vision and animal camouflage. **Perspectives Tree**, v.7, p.163-66, 1992.

KOSSOY, B. **Hércules Florence 1833: a descoberta isolada da fotografia no Brasil**. São Paulo: Faculdade de Comunicação Social Anhembi, 1976.

_____ **Fotografia e história**. São Paulo: Ática, 1989. (Série Princípios)

-
- (trad.) **Museu da Fotografia**. Câmaras e aparelhos de dois séculos do Museu Foto-Historama da Agfa-Gevaert Colônia-Alemanha. São Paulo, 1981. (Catálogo da Exposição fotográfica)
- KREBS, J. R., DAVIES, N. B. **Introdução à ecologia comportamental**. São Paulo: Atheneu, 1996.
- LEA, R. G., TURNER, J. R. O. Experiments on mimicry: II. The effect of a Batesian mimic on its model. **Behaviour**, v.38, p.131-51, 1972.
- LESSER, J. B. Occident trotting: a strange title. **American Cinematographer**, v.69, p.34-40, 1988.
- LECOQ, M. **Gafanhotos do Brasil: natureza do problema e bibliografia / Les criquets du Brésil. Nature du problème et bibliographie**. Campinas/Montpellier: EMBRAPA/NMA / CIRAD/PRIFAS, 1991.
- LEHNER, P. N. **Handbook of ethological methods**. New York: Garland, 1979.
- LI, C. C. On "reflexive selection". **Science**, v.136, p.1055-56, 1962.
- MACHADO, A. **Ilusão especular: introdução à fotografia**. São Paulo, Brasiliense, 1984.
- MAGALHÃES, G. M. Sobre os cerrados de Minas Gerais. **Anais...** Belo Horizonte: Academia Brasileira de Ciências, v.38, p.59-69, 1966. (Suplemento)
- MARTIN, P., BATESON, P. **Measuring behaviour: an introductory guide**. New York, Cambridge University Press, 1986.
- MAYR, E. **Animal species and evolution**. Harvard: Harvard University Press, 1963.
- MICHAELIS, A. R. **Research films in biology, anthropology, psychology and medicine**. New York: Academic Press, 1955.

- MOMENT, G. B. Reflexive selection: as possible answer to an old puzzle. *Science*, v.136, p.262-63, 1962.
- MORAES, I. N., CORRÊA N. A. **Metodização da pesquisa científica**. São Paulo: USP, 1970.
- MOREIRA, V. de A. **Iluminação e fotometria: teoria e aplicação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.
- MTB: Minitab for Windows 10.5 - Minitab Inc., 1995. (Software de análise estatística)
- NUR, U. Evolutionary rates of models and mimics in Batesian mimicry. *Am. Nat.*, 104, 477-86, 1970.
- ODUM, E. P. **Ecologia** Rio de Janeiro: Interamericana, 1985.
- OWEN, D. F. Polymorfism and population density in the African snail, *Limicolaria martesiana* (Achantinidae) *Science*, v.140, p.617, 1963.
- _____ Density effects in polymorphic land snails. *Heredity*, v.20, p.312-15, 1965a.
- _____ A population study of equatorial land snail. *Limicolaria martesiana* (Achantinidae). *Proc. Zool. Soc.*, v.144, p.361-81, 1965b.
- PAPAGEORGIS, C. Mimicry in neotropical butterflies. *Am. Sci.*, v.63, p.522-32, 1975.
- PHOTOST: Aldus PhotoStyler 2.0 - Seattle: Microsoft Corp., 1995. (Software de manipulação de imagem)
- PIETREWICZ, A. T., KAMIL A. C. Visual detection of cryptic prey by the Jays (*Cianocitta cristata*). *Science*, v.195, p.580-82, 1977.
- PLAISTED, K. C., MACKINTOSH, N. J. Visual search for cryptic stimuli in pigeons: implications for the search image and search rate hypotheses. *Anim. Behav.*, v.50, p.1219-32, 1995.

RAND, A. S. Predator-prey interactions and evolution of aspect diversity. In: Simpósio sobre a Biota Amazônica. **Anais...**v.55, p.73-78, 1967.

RETTENMEYER, C. W. Insect mimicry. **Ann. Rev. Entomol.**, v.15, p.43-74, 1970.

RICKLEFS, R. E., O'ROURKE, K. Aspect diversity in moths: a temperate-tropical comparison. **Evolution**, v.29, p.313-24, 1975.

ROPER, T. J., REDSTON, S. Conspicuousness of distasteful prey affects the strength and durability of one-trial avoidance learning. **Anim. Behav.**, v.35, p.739-47, 1987.

ROTHSCHILD, M. An extension of Dr. Lincoln Brower's theory on birds predation and food specificity, together with some observations on bird memory in relation to aposematic color pattern. **Entomologist.**, v.97, p.73-78, 1964.

_____ Colour and poisons in insect protection. **New Scientist**, v.11, p.318-20, 1972a.

_____ Some observations on the relationship between plants, toxic insects and birds. In: HARBORNE, J. B. (ed.) **Phytochemical ecology**, p.1-12, London: Academic Press, 1972b.

_____ Secondary plant substances and warning coloration in insects. In: VAN EMDEN, H. F. (ed.) **Insect/plant relationships. Symp R. Ent. Soc. Lond**, v.6. p.58-83, 1972c.

_____, KELLETT, D. Reactions of various predators to insects storing heart poisons. **J. Ent.**, v.46, p.103-10, 1972.

_____, VON EUW, J., REICHSTEIN, T. Cardiac glycosides in the Oleander aphid *Aphis nerii*. **J. Insect. Physiol.**, v.16, p.1141-45, 1970.

ROYAMA, T. Factors governing the hunting behaviour and selection of food by the great tit, *Parus major*. **J. Anim. Ecol.**, v.39, p.619-68, 1970.

SADOUL, G. **História do cinema mundial**. São Paulo: Martins, 1963.

SANSON, G. D., STOLK, R., DOWNES, B. J. A new method for characterizing surface roughness and available in biological systems. **Funcional Ecology**, v.9, p.127-35, 1995.

SAS: System for Windows 3.10 - SAS Institut, 1992. (Software de análise estatística)

SAZIMA, I., BOKERMANN W. C. A. Anfíbios da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil: observações sobre a biologia de *Hyla alvarengai* (Anura, Hylidae). **Rev. Bras. de Biol.**, v.37, p.175-79, 1977.

SCHLENOFF, D. H. The startle responses of blue jays to *Catocala* (Lepdoptera: Noctuidae) prey models. **Anim. Behav.**, v.33, p.1057-57, 1985.

SCHULTZ, J. C. Adaptative changes in antipredator behavior of a grasshopper during development. **Evolution**, v.35, p.175-79 1981.

SEMIR, J. **Revisão taxonômica de *Lychnophora* (Vernoniaeae: Compositae).** Campinas: UNICAMP, 1991. Tese (Doutorado em Ecologia)- Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 1991.

SCHOENER, T. W., SCHOENER, A. The ecological context of female pattern polymorphism in the lizard *Anolis sagrei*. **Evolution**, v.30, p.650-58, 1976.

SMITH, D. A. S. Polimorphism and population density in *Donax rugosus* (Lamellibranchiata: Donacidae). **J. Zool Lond**, v.164, p.429-42. 1971.

Phenotypic diversity, mimicry and natural selection in the African butterfly *Hypolimnas misippus* L. ((Leptoptera: Nynphalidae). **Biol. J. Linn. Soc.**, v.8, p.183-204, 1976.

SMITHE, F. B. **Naturalist's color guide supplement.** New York: The American Museum of Natural History, 1974.

SMYTHER, R. H. **Vision in the animal world.** New York: St. Martin's Press., 1975.

STORER, I. T., USINGER, R. L., STEBBINS, R. C., NYBAKKEN, J. W. **Zoologia geral**. Trad. de Erika Schlenz. São Paulo: Nacional, 1984. Tradução de: General Zoology.

STRASSER, A. F. R. P. S. **The work of the science film maker**. London: Focal Press, 1972.

TINBERGEN, N. Defense by color. **Scientific American**, v.197, p.49-55, 1957.

_____ The natural control of insects in pinewoods. I. Factors influencing the intensity of predation by songbirds. **Arch. Néerl. Zool.**, v.13, p.265-336, 1960.

VASCONCELLOS-NETO, J. **Genética ecológica de *Chelymorphe cribaria***, F.1775 (Cassidinae-Crysomelidae). Campinas: UNICAMP, 1987. Tese (Doutorado em Ecologia)-Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 1987.

WICKLER, W. **Mimicry in plants and animals**. London: World Univ. Library, 1968.

ZAR, J. H. **Bioestatistical Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1984.